

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor :Yoshinori TANAKA
Filed :Concurrently herewith
For :MAXIMUM A POSTERIORI....
Serial Number :Concurrently herewith

March 24, 2004

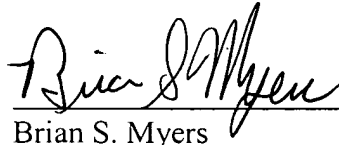
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

PRIORITY CLAIM AND
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

S I R:

Applicant hereby claims priority under 35 USC 119 from **Japanese** patent application number **2003-339003** filed **September 30, 2003**, a copy of which is enclosed.

Respectfully submitted,



Brian S. Myers
Reg. No. 46,947

Customer Number:
026304
Docket No.: FUSA 21.072

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 3 0 日
Date of Application:

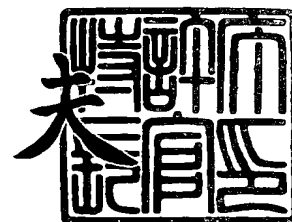
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 3 9 0 0 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 3 9 0 0 3]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 8 1 4 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 0352012
【提出日】 平成15年 9月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H03M 13/12
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 田中 良紀
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100084711
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 齊藤 千幹
 【電話番号】 043-271-8176
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 015222
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9704946

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

復号処理の途中で計算された前方用確率および又は後方用確率の演算開始点における値を次の復号処理における前方用確率および又は後方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて前方用確率および又は後方用確率の演算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

【請求項 2】

前記復号処理は、

長さNの符号化データを所定長Lづつのブロックに分割し、

所定ブロックの後方用確率を演算するに際して該ブロックより後方のデータ位置から後方用確率の演算を開始して該ブロックの後方用確率を求めて保存し、

ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて着目ブロックの各データの復号処理を行ない、

以後、同様に各ブロックの復号処理を行なう

ことを特徴とする請求項 1 記載の最大事後確率復号方法。

【請求項 3】

長さNのデータを所定長Lづつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号方法において、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

【請求項 4】

長さNのデータを所定長Lづつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号方法において、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの開始点における後方用確率を、次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、

次の各ブロックの復号処理において前記保存してある初期値を用いて該ブロックの開始点より後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

【請求項 5】

受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

長さNのデータを所定長Lづつのブロックに分割し、各ブロックより後方のデータ位置(後方用確率初期位置)から後方用確率を演算して該ブロックの後方用確率を求めて保存する処理を全ブロックで同時に並列的に行ない、

各ブロックの前方用確率を演算するに際して該ブロックより前方のデータ位置(前方用確率初期位置)から前方用確率を演算して該ブロックの前方用確率を求める処理を全ブロックで同時に並列的に行ない、

各ブロックの前記前方用確率と前記保存してある各ブロックの後方用確率とを用いて各ブロックのデータの復号処理を並列的に行ない、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記後方用確率初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、かつ、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記前方用確率初期位置における前方用確率を次の復号処理における該他ブロックの前方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率および前方用確率の計算を並列的に開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

【請求項 6】

受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の復号処理の途中で計算された前方用確率および又は後方用確率の演算開始点における値を次の復号処理における前方用確率および又は後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて前方用確率および又は後方用確率の計算を開始することを特徴とする最大事後確率復号装置。

【請求項 7】

長さNのデータを所定長Lずつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号装置において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

【請求項 8】

長さNの符号化データを所定長Lずつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号装置において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの開始点における後方用確率を、次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の各ブロックの復号処理において前記保存してある初期

値を用いて該ブロックの開始点より後方用確率の計算を開始する、
ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

【請求項 9】

受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、
該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、
該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記
復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

長さNの符号化データを所定長さLのブロックに分割したとき、ブロック毎に、
後方用確率を計算する後方用確率演算部、
前方用確率を計算する前方用確率演算部、
該前方用確率および後方用確率を用いて該データの復号を行なう手段、
を備え、

前記各ブロックの後方用確率演算部は、該ブロックより後方のデータ位置(後方用確率
初期位置)から後方用確率を順に演算して該ブロックの後方用確率を求めて保存する処理
を全ブロック同時に並列的に行ない、

前記各ブロックの前方用確率演算部は、該ブロックより前方のデータ位置(前方用確率
初期位置)から前方用確率を演算して該ブロックの前方用確率を求める処理を全ブロック
同時に並列的に行ない、

前記復号手段は、各ブロックの前記前方用確率と前記保存してある各ブロックの後方用
確率とを用いて各ブロックのデータの復号処理を同時に行なう、

ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

【請求項 10】

各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの所定データ位置における後方用確率を
保存する第1の保存手段、

各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの所定データ位置における前方用確率
を保存する第2の手段
を更に備え、

前記第1の保存手段は、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記
後方用確率初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用
確率の初期値として保存し、

前記第2の保存手段は、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記
前方用確率初期位置における前方用確率を次の復号処理における該他ブロックの前方用
確率の初期値として保存し、

前記各ブロックの後方用確率演算部および前記各ブロックの前方用確率演算部は、次の
復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率および前方
用確率の計算を並列的に開始する、

ことを特徴とする請求項 9 記載の最大事後確率復号装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】最大事後確率復号方法及び装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、最大事後確率(MAP: Maximum A Posteriori Probability)復号方法及び該復号方法を用いた復号装置に係わり、特に、最大事後確率復号を少ない演算時間で、かつ、少ないメモリの使用量で実現する最大事後確率復号方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

誤り訂正符号は、受信情報や再生情報などに含まれる誤りを訂正して正しく元の情報を復号できるようにするためのもので、種々のシステムに適用されている。例えば、移动通信、FAXその他のデータ通信に際してデータを誤りなく伝送する場合、あるいは、磁気ディスク、CDなどの大容量記憶媒体からデータを誤り無く再生する場合に適用されている。

誤り訂正符号の中でもターボ符号(例えば特許文献1参照)は次世代移動体通信において、標準化に採用されることが決まっている。かかるターボ符号において、最大事後確率復号(MAP復号: Maximum A Posteriori Probability Decoding)が大きな効果を発揮する。MAP復号方法はビタビ(Viterbi)復号方法と類似した復号方法である。

【0003】

(a) 畳み込み符号

ビタビ復号方法は畳み込み符号を復号する方法である。

図9は畳み込み符号器の例で、2ビットのシフトレジスタSFRと2つの排他的論理和回路EXOR1, EXOR2を備え、EXOR1は入力と R_1 の排他的論理和 g_0 を出力し、EXOR2は入力と R_0 と R_1 の排他的論理和 g_1 ("1"が奇数のとき出力は"1"、それ以外は"0")を出力する。したがって、入力データが01101の場合における畳み込み符号器の入出力関係及びシフトレジスタSFRの状態は図10に示すようになる。

【0004】

畳み込み符号器のシフトレジスタSFRの内容はstate(状態)と定義され、図11に示すように00, 01, 10, 11の4つの状態があり、それぞれを状態 m_0 , 状態 m_1 , 状態 m_2 , 状態 m_3 と表現する。図9の畳み込み符号器ではシフトレジスタSFRの状態が $m_0 \sim m_3$ のいずれの状態であるか、及び、次に入力するデータが"0"であるか"1"であるかにより、出力(g_0 , g_1)及び次の状態が一意に決まる。図12はかかる畳み込み符号器の状態と入出力の関係図であり、点線は"0"入力、実線は"1"入力を示している。すなわち、

(1) 状態 m_0 において、"0"が入力すると出力は00で状態は m_0 になり、"1"が入力すると出力は11で状態は m_2 になる。

(2) 状態 m_1 において、"0"が入力すると出力は11で状態は m_0 になり、"1"が入力すると出力は00で状態は m_2 になる。

(3) 状態 m_2 において、"0"が入力すると出力は01で状態は m_1 になり、"1"が入力すると出力は10で状態は m_3 になる。

(2) 状態 m_3 において、"0"が入力すると出力は10で状態は m_1 になり、"1"が入力すると出力は01で状態は m_3 になる。

この入出力関係を用いて図9の畳み込み符号器の畳み込み符号を格子状表現すると図13に示すようになる。ただし、状態 m_i ($i=0 \sim 3$)を状態 $m=0 \sim m=3$ と表現する。また、 k は第 k ビット入力時点を意味し、符号器における初期($k=0$)の状態は $m=0$ である。又、点線は"0"入力、実線は"1"入力を示し、線上の2つの数値は出力(g_0 , g_1)を示している。したがって、初期状態 $m=0$ において、"0"が入力すると出力は00で状態は $m=0$ になり、"1"が入力すると出力は11で状態は $m=2$ になることがわかる。

【0005】

この格子状表現図(トレリス線図)を参照すると、原データが11001であれば、図13の一点鎖線で示すパスを介して状態 $m=2$ に至り、符号器出力(g_0 , g_1)は

11→10→10→11→11

となることがわかる。

逆に、復号に際して、受信データ (y_a, y_b) として、 $11 \rightarrow 10 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 11$ の順に受信すれば、初期状態 $m=0$ よりトレリス線図をたどれば受信データが 11001 であると復号することができる。

【0006】

(b) ビタビ復号

符号化データを誤りなく受信できれば、容易に元のデータを正しく復号することができる。しかし、伝送途中にデータが1から0に、あるいは0から1になり、誤りを含んだデータを受信する場合がある。かかる場合にも正しく復号できるようにする方法の1つがビタビ復号である。

ビタビ復号は、情報長 N の情報を符号化した符号化データの第 k 番目までのデータを用いて第 k データ入力時点の各状態 ($m=0 \sim m=3$) 毎に、該状態に至る2つのパスのうち誤りの少ないパスを選択し、誤りの多いパスを捨て、以後、同様にして最終の第 N データ入力時点の各状態毎に、該状態に至る2つのパスのうち誤りの少ないパスを選択し、各状態において選択したパスのうち最も誤りの少ないパスを用いて復号するもので、復号結果は硬判定 (hard decision) 出力である。

ビタビ復号では、各状態においてエラーの大きい方のパスを捨て、該パスをエラー最小パス決定に何ら反映しない。一方、MAP復号ではビタビ復号と異なり、各状態におけるエラーの大きいパスであってもエラー最小パス決定に反映し、より精度の高い復号データを得る。

【0007】

(c) MAP復号の概略

(c-1) MAP復号の第1の特徴

MAP復号では時間 k (図13参照) の各状態 ($m=0, 1, 2, 3$) において、復号データ u_k が "0", "1" となる確率 $\alpha_{0, k}(m), \alpha_{1, k}(m)$ を、

- (1) 時間 $(k-1)$ の各状態における確率 $\alpha_{0, k-1}(m), \alpha_{1, k-1}(m)$ と、
- (2) 時間 $(k-1)$ 及び時間 k における状態間のトレリス (パスの有無) と、
- (3) 時間 k における受信データ y_a, y_b

とに基づいて決定する。(1)の確率 $\alpha_{0, k-1}(m), \alpha_{1, k-1}(m)$ は前方用確率 (前方メトリック値) という。又、(2)のトレリスと(3)の受信データを考慮して求まる確率、すなわち、時間 $(k-1)$ の状態 m' ($=0 \sim 3$) から時間 k の状態 m ($=0 \sim 3$) に移行する確率は移行確率という。

【0008】

(c-2) MAP復号の第2の特徴

ビタビ復号ではある時刻 k における各状態に至るエラー最小パスを $1 \sim k$ までの受信データと $1 \sim k$ 迄の可能なパスを考慮して求めているが、 $k \sim N$ までの受信データや $k \sim N$ までのパスをエラー最小パス決定に何ら反映していない。MAP復号ではビタビ復号と異なり、 $k \sim N$ までの受信データや $k \sim N$ までのパスを復号処理に反映し、より精度の高い復号データを得る。

すなわち、 N から k までの受信データとトレリスを考慮して、時間 k における各状態 m ($=0 \sim 3$) を最小エラーパスが通過する確率 $\beta_k(m)$ を求める。そして、この確率 $\beta_k(m)$ を対応する状態の前方用確率 $\alpha_{0, k}(m), \alpha_{1, k}(m)$ に乗算することで、時間 k の各状態 ($m=0, 1, 2, 3$) において復号データ u_k が "0", "1" となるより精度の高い確率を求める。

このため、MAP復号では時間 k の各状態 ($m=0, 1, 2, 3$) における確率 $\beta_k(m)$ を、

- (1) 時間 $(k+1)$ の各状態における確率 $\beta_{k+1}(m)$ と、
- (2) 時間 $(k+1)$ と時間 k における状態間のトレリスと、
- (3) 時間 $(k+1)$ における受信データ y_a, y_b に基づいて決定する。(1)の確率 $\beta_{k+1}(m)$ は後方用確率 (後方メトリック値) という。(2)のトレリスと(3)の受信データを考慮して求まる確率、すなわち、受信データ "0", "1" により時間 $(k+1)$ の状態 m' ($=0 \sim 3$) から時間 k の状態 m ($=0 \sim 3$) に移行する確率は移行確率である。

【0009】

以上よりMAP復号方法では図13に示すように、

(1) 情報長をNとすると、 $1 \sim k$ の符号化データ及び $1 \sim k$ のトレリスを考慮して、時間kにおける各状態($m=0 \sim 3$)の前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$, $\alpha_{1,k}(m)$ を演算する。すなわち、各状態の前方用確率 $\alpha_{0,k-1}(m)$, $\alpha_{1,k-1}(m)$ と移行確率より求める。

(2) また、 $N \sim k$ の受信データ及び $N \sim k$ のパスを用いて時間kにおける各状態($m=0 \sim 3$)の後方用確率 $\beta_k(m)$ を演算する。すなわち、各状態の後方用確率 $\beta_k(m)$ を、時間($k+1$)の各状態における後方用確率 $\beta_{k+1}(m)$ と移行確率を用いて演算する。

(3) ついで、時間kにおけるこれら各状態の前方用確率及び後方用確率を乗算し、乗算結果(結合確率)

$$\lambda_{0,k}(m) = \alpha_{0,k}(m) \cdot \beta_k(m),$$

$$\lambda_{1,k}(m) = \alpha_{1,k}(m) \cdot \beta_k(m)$$

を得る。

(4) しかる後、各状態における"0"の確率の総和 $\sum_m \lambda_{0,k}(m)$ と"1"の確率の総和 $\sum_m \lambda_{1,k}(m)$ を求め、その大小により第k番目の原データ u_k が1である確率と0である確率を計算し、確率の大きい方を第k番目の復号データとして出力すると共に、尤度を出力するもので、復号結果は軟判定出力である。

【0010】

(d) 従来の第1のMAP復号方法

(d-1) MAP復号器の全体の構成

図14は従来の第1のMAP復号方法を実現するMAP復号器の構成図(たとえば特許文献2参照)、で、符号化レートR、情報長N、原情報u、符号化データ x_a , x_b 、受信データ y_a , y_b の緒元は、

・符号化レート: $R=1/2$

・情報長: N

・原情報: $u = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_N\}$

・符号化データ: $x_a = \{x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}, \dots, x_{ak}, \dots, x_{aN}\}$

$x_b = \{x_{b1}, x_{b2}, x_{b3}, \dots, x_{bk}, \dots, x_{bN}\}$

・受信データ: $y_a = \{y_{a1}, y_{a2}, y_{a3}, \dots, y_{ak}, \dots, y_{aN}\}$

$y_b = \{y_{b1}, y_{b2}, y_{b3}, \dots, y_{bk}, \dots, y_{bN}\}$

である。すなわち、情報長Nの原情報uより符号化データ x_a , x_b を生成し、受信時に符号化データに誤りが挿入されてデータ y_a , y_b が受信され、この受信データより原情報uを復号するものとする。

【0011】

移行確率演算部1は時間kにおいて(y_{ak}, y_{bk})を受信すれば、

(x_{ak}, x_{bk})が(0,0)である確率 $\gamma_{0,k}$

(x_{ak}, x_{bk})が(0,1)である確率 $\gamma_{1,k}$

(x_{ak}, x_{bk})が(1,0)である確率 $\gamma_{2,k}$

(x_{ak}, x_{bk})が(1,1)である確率 $\gamma_{3,k}$

をそれぞれ演算して、メモリ2へ保存する。

前方用確率演算部3は、1つ前の時間($k-1$)の各状態($m=0 \sim 3$)において、原データ u_{k-1} が"1"である前方用確率 $\alpha_{1,k-1}(m)$ と原データ u_{k-1} が"0"である前方用確率 $\alpha_{0,k-1}(m)$ と、前記求めた時間kにおける移行確率 $\gamma_{0,k}$, $\gamma_{1,k}$, $\gamma_{2,k}$, $\gamma_{3,k}$ とを用いて、時間kにおいて原データ u_k が"1"である前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ と原データ u_k が"0"である前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$ を演算してメモリ4a~4dに記憶する。なお、必ず状態 $m=0$ から始まるから、前方用確率の初期値 $\alpha_{0,0}(0) = \alpha_{1,0}(0) = 1$ 、 $\alpha_{0,0}(m) = \alpha_{1,0}(m) = 0$ (但し、 $m \neq 0$)である。

【0012】

移行確率演算部1及び前方用確率演算部3は、 $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=1$ か

ら $k=N$ まで演算を行って、 $k=1\sim N$ の各時間における移行確率 $\gamma_{0,k}$, $\gamma_{1,k}$, $\gamma_{2,k}$, $\gamma_{3,k}$ と前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$, $\alpha_{0,k}(m)$ を演算してメモリ 2, 4 a~4 d にそれぞれ記憶する。

しかる後、後方用確率演算部 5 は、時間 $(k+1)$ の後方用確率 $\beta_{k+1}(m)$ と移行確率 $\gamma_{s,k+1}$ ($s=0,1,2,3$)を使用して時間 k の各状態 m ($=0\sim 3$)における後方用確率 $\beta_k(m)$ ($m=0\sim 3$)を演算する。ただし、 k の初期値は $N-1$ であり、トレリス終結状態 $m=0$ とし、 $\beta_N(0)=1$, $\beta_N(1)=\beta_N(2)=\beta_N(3)=0$ とする。

【0013】

結合確率演算部 6 の第 1 の演算部 6 a は時間 k の各状態 m ($=0\sim 3$)における前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ と後方用確率 $\beta_k(m)$ とを掛け合わせて k 番目の原データ u_k が"1"である確率 $\lambda_{1,k}(m)$ を演算し、第 2 の演算部 6 b は時間 k の各状態 m ($=0\sim 3$)における前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$ と後方用確率 $\beta_k(m)$ とを用いて原データ u_k が"0"である確率 $\lambda_{0,k}(m)$ を演算する。

u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は時間 k の各状態 m ($=0\sim 3$)における"1"である確率 $\lambda_{1,k}(m)$ ($m=0\sim 3$)を加算すると共に、時間 k の各状態 m ($=0\sim 3$)における"0"である確率 $\lambda_{0,k}(m)$ ($m=0\sim 3$)を加算し、加算結果、 $\sum_m \lambda_{1,k}(m)$ と $\sum_m \lambda_{0,k}(m)$ の大小に基づいて k 番目のデータ u_k の"1", "0"を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以後、後方用確率演算部 5、結合確率演算部 6、 u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=N$ から $k=1$ まで演算を行って、 $k=1\sim N$ の各時間における原データ u_k の"1", "0"を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

【0014】

(d-2) 前方用確率演算

時間 k の各状態 $(m=0,1,2,3)$ において、復号データ u_k が i ("0"または"1")となる前方用確率 $\alpha^i_{k,m}(m)$ は、

- (1) 時間 $(k-1)$ の各状態における前方用確率 $\alpha^i_{k-1,m}(m)$ と、
- (2) 時間 $(k-1)$ の状態 m' ($=0\sim 3$)から時間 k における状態 m ($=0\sim 3$)に遷移する遷移確率 $\gamma_i(R_k, m', m)$ とに基づいて次式

$$\alpha^i_{k,m}(m) = \sum_{m'} \sum_j \gamma_i(R_k, m', m) \cdot \alpha^i_{k-1,m'}(m') / \sum_m \sum_{m'} \sum_i \sum_j \gamma_i(R_k, m', m) \cdot \alpha^i_{k-1,m'}(m') \quad (1)$$

により求まる。ここで、遷移確率 $\gamma_i(R_k, m', m)$ は、時間 $(k-1)$ の状態 m' ($=0\sim 3$)と時間 k における状態 m ($=0\sim 3$)間のトレリス及び時間 k における受信データ y_a , y_b に基づいて求まるものである。尚、上式において分母は u_k 及び u_k 尤度演算における割算で除去される部分であるため演算する必要がない。

【0015】

(d-3) 後方用確率演算

時間 k の各状態 $(m=0,1,2,3)$ において、各状態の後方用確率 $\beta_k(m)$ は、

- (1) 時間 $(k+1)$ の各状態における後方用確率 $\beta_{k+1}(m)$ と、
- (2) 時間 k の状態 m ($=0\sim 3$)から時間 $(k+1)$ における状態 m' ($=0\sim 3$)に遷移する遷移確率 $\gamma_i(R_{k+1}, m, m')$ に基づいて次式

$$\beta_k(m) = \sum_{m'} \sum_i \gamma_i(R_{k+1}, m, m') \cdot \beta_{k+1}(m') / \sum_m \sum_{m'} \sum_i \sum_j \gamma_i(R_{k+1}, m, m') \cdot \alpha^i_{k+1,m'}(m') \quad (2)$$

により求まる。ここで、遷移確率 $\gamma_i(R_{k+1}, m, m')$ は、時間 k の状態 m ($=0\sim 3$)と時間 $(k+1)$ における状態 m' ($=0\sim 3$)間のトレリス及び時間 $k+1$ における受信データ y_a , y_b に基づいて求まるものである。尚、上式において分母は尤度演算における割算で除去される部分であるため演算する必要がない。

【0016】

(d-4) 結合確率、尤度演算

時間 k における各状態の前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$, $\alpha_{1,k}(m)$ 及び後方用確率 $\beta_k(m)$ が求まれば、これらを乗算して結合確率

$$\lambda^0_k(m) = \alpha^0_k(m) \cdot \beta_k(m),$$

$$\lambda^1_k(m) = \alpha^1_k(m) \cdot \beta_k(m)$$

を演算する。しかる後、各状態における"1"の確率の総和 $\sum_m \lambda^0_k(m)$ と"0"の確率の総和 $\sum_m \lambda^1_k(m)$ を求め、次式

$$L(u) = \log [\sum_m \lambda^1_k(m) / \sum_m \lambda^0_k(m)] \quad (3)$$

により尤度を出力する。又、 $L(u) > 0$ であれば復号結果 $u_k = 1$ を、 $L(u) < 0$ であれば復号結果 $u_k = 0$ を出力する。すなわち、"1"の確率の総和 $\sum_m \lambda^0_k(m)$ と"0"の確率の総和 $\sum_m \lambda^1_k(m)$ の大小により第 k 番目の原データ u_k が 1 である確率と 0 である確率を計算し、確率の大きい方を第 k 番目の復号データとして出力する。

【0017】

(d-5) 第1のMAP復号方法の問題点

図14の従来の第1のMAP復号方法では使用するメモリが非常に多い問題がある。すなわち、移行確率記憶用に $4 \times N$ のメモリを、前方用確率記憶用に m (状態数) $\times 2 \times N$ のメモリを必要とし、合計 $(4+m \times 2) \times N$ のメモリを必要とする。そして、実際の演算は軟判定信号を伴うからさらに8倍程度以上のメモリを必要とする。

【0018】

(e) 従来の第2のMAP復号方法

そこで、メモリを削減するために、前方用確率演算と後方用確率演算の演算順を入替えて演算する方法が提案されている。図15はかかるMAP復号方法を実現するMAP復号器の構成図であり、図14と同一部分には同一符号を付している。入出力反転部8は受信データの出力順序を適宜反転するもので、全受信データを記憶するメモリと受信データを入力順と逆順にあるいは同順に出力するデータ出力部を備えている。復号法としてMAP復号方法を採用するターボ復号器では受信データをインタリーブする必要があるため全受信データを記憶するメモリが存在するから、上記入出力反転部8のメモリとして該インタリーブ用のメモリを兼用でき、メモリ負担はない。

移行確率演算部1は時間 k ($=N$) として受信データ ($y_{a,k}, y_{b,k}$) を用いて、

($x_{a,k}, x_{b,k}$) が (0,0) である確率 $\gamma_{0,k}$

($x_{a,k}, x_{b,k}$) が (0,1) である確率 $\gamma_{1,k}$

($x_{a,k}, x_{b,k}$) が (1,0) である確率 $\gamma_{2,k}$

($x_{a,k}, x_{b,k}$) が (1,1) である確率 $\gamma_{3,k}$

をそれぞれ演算して、メモリ2へ保存する。

【0019】

また、後方用確率演算部5は、時間 k ($=N$) の後方用確率 $\beta_k(m)$ と移行確率 $\gamma_{s,k}$ ($s=0,1,2,3$) を使用して時間 $k-1$ の各状態 m ($=0 \sim 3$) における後方用確率 $\beta_{k-1}(m)$ ($m=0 \sim 3$) を演算してメモリ9に記憶する。

以後、移行確率演算部1及び後方用確率演算部5は、 $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=N$ から $k=1$ まで演算を行って、 $k=1 \sim N$ の各時間における移行確率 $\gamma_{0,k}, \gamma_{1,k}, \gamma_{2,k}, \gamma_{3,k}$ と後方確率 $\beta_k(m)$ を演算してメモリ2, 9に記憶する。

しかる後、前方用確率演算部3は、時間 $(k-1)$ において原データ u_{k-1} が"1"である前方用確率 $\alpha_{1,k-1}(m)$ と原データ u_{k-1} が"0"である前方用確率

$\alpha_{0,k-1}(m)$ と、前記求めた時間 k における移行確率 $\gamma_{0,k}, \gamma_{1,k}, \gamma_{2,k}, \gamma_{3,k}$ とを用いて、時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) において u_k が"1"である前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ と u_k が"0"である前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$ を演算する。ただし、 k の初期値は1である。

結合確率演算部6は時間 k の各状態 $0 \sim 3$ における前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ と後方用確率 $\beta_k(m)$ とを掛け合わせて k 番目の原データ u_k が"1"である確率 $\lambda_{1,k}(m)$ を演算し、同様に、時間 k の各状態 $0 \sim 3$ における前方用確率 $\alpha_{0,k}(m)$ と後方用確率 $\beta_k(m)$ とを用いて原データ u_k が"0"である確率 $\lambda_{0,k}(m)$ を演算する。

【0020】

u_k 及び u_k 尤度演算部7は時間 k における各状態 $0 \sim 3$ の"1"である確率

$\lambda_{1,k}(m)$ ($m=0\sim3$)を加算すると共に、時間 k における各状態 $0\sim3$ の "0" である確率 $\lambda_{0,k}(m)$ ($m=0\sim3$)を加算し、加算結果、 $\sum_m \lambda_{1,k}(m)$ と $\sum_m \lambda_{0,k}(m)$ の大小に基づいて k 番目のデータ u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以後、前方確率演算部 3、結合確率演算部 6、 u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=1$ から $k=N$ まで演算を行って、 $k=1\sim N$ の各時間における u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以上、第 2 の MAP 復号方法では、図 16 のタイムチャートに示すように、前半において移行確率演算、後方用確率演算及び演算結果のメモリへの記憶処理を行い、後半において前方用確率演算、結合確率演算、原データ及び尤度演算処理を行っている。すなわち、第 2 の MAP 復号方法では、前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ 、 $\alpha_{0,k}(m)$ を記憶しないで、後方用確率 $\beta_k(m)$ を記憶する。この結果、第 2 の MAP 復号方法で必要とするメモリは、移行確率記憶用に $4\times N$ 、後方用確率記憶用に状態数 $m\times N$ を必要とするだけとなり、必要とするメモリは合計 $(4+m)\times N$ となり、図 14 の MAP 復号方法に比べ必要とするメモリ量を減少できる。

尚、移行確率記憶用のメモリ 2 は必ずしも必要でなく、その都度移行確率 $\gamma_{s,k}$ ($s=0, 1, 2, 3$) を計算して前方用確率 $\alpha_{1,k}(m)$ 、 $\alpha_{0,k}(m)$ を演算するように構成できる。

【0021】

(f) 従来の第 3 の MAP 復号方法

第 2 の MAP 復号方法では後方用確率 $\beta_k(m)$ を記憶するだけで良いため、メモリは比較的少なくなるが、後方用確率 $\beta_k(m)$ を総て演算する必要があるため、データ数を N 、1 ノードの計算処理に必要な時間を T_n とすれば、 $2\times T_n\times N$ の復号時間がかかる問題がある。

図 17 は従来の第 3 の MAP 復号方法の説明図であり、横軸にデータ $1\sim N$ をとり、縦軸に実行時間をとっている。また、A は前方用確率あるいはその演算を示し、B は後方用確率あるいはその演算を示し、S はソフトデシジョン演算 (結合確率、 u_k 及び u_k 尤度演算) を示している。

この方法では、後方用確率演算 B を $N-1$ から $N/2$ まで計算しながら結果をメモリに蓄え、同時に前方用確率演算 A を 0 から $N/2$ まで計算しながら結果をメモリに蓄える。いま、1 ノードの計算処理に必要な時間を T_n とすると、これが終了するのは、 $T_n\times N/2$ の時間がかかる。その後は $N/2$ から 0 については、すでに前方用確率 A は計算されているので後方用確率 B を計算しては尤度を算出し、 $N/2$ から $N-1$ についてはすでに後方用確率 B は計算されているので、前方用確率 A を計算しながら尤度を計算する。これらの処理を同時に並行して計算する。これにより、次の $T_n\times N/2$ の時間で処理が完了することになる。すなわち、第 3 の MAP 復号方法によれば、 $T_n\times N$ の時間で復号を行なえ、第 2 の MAP 復号方法に比べ復号時間を短縮できる。しかし、前方用確率を保存しなければならない為、第 2 の MAP 復号方法に比べ使用メモリ量が多くなる。

【0022】

(g) 従来の第 4 の MAP 復号方法

第 2 ～ 第 3 の方法は、復号時間、使用メモリ量の両方を解決することができない。そこで、復号時間を短縮し、かつ、使用メモリ量を少なくする為のメトリック計算アルゴリズムが提案されている。もっとも知られているアプローチはスライディングウィンドウ方式 (Sliding window 方式: 以下 SW 方式) と呼ばれるものであり、Viterbi により実際的な方法が示されている (たとえば、非特許文献 1 参照)。

【0023】

図 18 は SW 方式を用いた従来の第 4 の MAP 復号方法を説明する為の演算シーケンス説明図であり、B 演算は後方用確率演算 (移行確率演算を含む) を意味し、A 演算は前方用確率演算 (移行確率演算を含む) を意味し、S 演算はソフトデシジョン演算 (結合確率演算 / 尤度演算) を意味している。

SW 方式では、 $k=1\sim N$ を L づつ等分割し、以下のように MAP 復号を行う。

まず、(1) B 演算を $k=2L\sim k=1$ まで行う。この B 演算において、 $k=N$ より後方用確率 $\beta_k(m)$ を演算せず、途中の $k=2L$ の位置から演算を開始する。このため、前半の $k=2L\sim$

$k=L+1$ の間(トレーニング期間)に求まる後方用確率 $\beta_k(m)$ は信用できないから捨て、後半の $k=L \sim k=1$ の間に求まる後方用確率 $\beta_k(m)$ はある程度信用できるから、メモリに記憶する。(2) ついで、 $k=1$ における A 演算を行い、 $k=1$ の A 演算結果 $\alpha_{1,1}(m)$ 、 $\alpha_{0,1}(m)$ とメモリに記憶されている $\beta_1(m)$ を用いて S 演算を行い、結合確率に基づいて復号結果 u_1 、尤度 $L(u_1)$ を演算する。以後、同様に $k=2 \sim k=L$ まで A 演算を行い、該 A 演算結果とメモリの B 演算結果により S 演算を行う。以上により、 $k=1 \sim k=L$ までの復号結果 u_k 、尤度 $L(u_k)$ の演算が終了する。

【0024】

ついで、(3) B 演算を $k=3L \sim k=L+1$ まで行う。この B 演算において、 $k=N$ より後方用確率 $\beta_k(m)$ を演算せず、途中の $k=3L$ の位置から演算を開始するため、前半の $k=3L \sim k=2L+1$ の間(トレーニング期間)に求まる後方用確率 $\beta_k(m)$ は信用できないから捨て、後半の $k=2L \sim k=L+1$ の間に求まる後方用確率 $\beta_k(m)$ はある程度信用できるから、メモリに記憶する。(4) ついで、 $k=L+1$ における A 演算を行い、 $k=L+1$ の A 演算結果 $\alpha_{1,L+1}(m)$ 、 $\alpha_{0,L+1}(m)$ とメモリに記憶されている $\beta_{L+1}(m)$ を用いて S 演算を行い、結合確率に基づいて復号結果 u_{L+1} 、尤度 $L(u_{L+1})$ を演算する。以後、同様に、 $k=L+2 \sim k=2L$ まで A 演算を行い、該 A 演算結果とメモリの B 演算結果により S 演算を行う。以上により、 $k=L+1 \sim k=2L$ までの復号結果 u_k 、尤度 $L(u_k)$ の演算が終了する。以後、同様にして、 $k=N$ までの復号結果 u_k 、尤度 $L(u_k)$ の演算を行なう。

【0025】

なお、以上の第3のMAP復号方法では、 $2L$ の B 演算後に L の A 演算を行うため、タイムチャートの図19の(a)に示すようになる。しかし、これでは A 演算が断続するため演算時間がかかる。そこで、図19の(b)に示すように2台の後方用確率演算手段を用いて、B 演算の前半と後半を同時に行うことにより、A 演算を連続的に行なえるようにして演算速度を向上させている。なお、図20は後述する本発明と同じ表現形式を有するタイムチャートであり、図19の(b)と同一の内容を示しており、横軸は入力データ、縦軸は処理実行時間である。

このSW方式のMAP復号方法によれば、1個の前方用確率演算部、2個の後方用確率演算部、1個のソフトデジション演算部を設け、これらを並行的に動作させることにより $(N+2L) \times T_n$ 程度の時間で1ブロック分の軟判定処理ループを終えることができる。また、必要なメモリ量は後方用確率の $2L$ ノード分だけでよいことになる。

【特許文献1】 米国特許番号5,446,747号明細書

【特許文献2】 日本特許番号3451246号公報

【非特許文献1】 IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS. VOL.16, NO. 2, FEBRUARY 1998, "An Intuitive Justification and a Simplified Implementation of the MAP Decoder for Convolution Codes" Andrew J. Viterbi

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0026】

ところで、SW方式では、後方用確率 $\beta_k(m)$ を $k=N$ から演算せず、同一の初期値を設定して途中から演算しているため、後方用確率 $\beta_k(m)$ が正確でない。このため、SW方式においてよい特性を得るためには十分なトレーニング期間 T_L を設ける必要がある。このトレーニング部の長さは、通常、拘束長の4～5倍以上必要である。

バンクチャリングを用いて符号化率を高くすると、トレーニング部においてバンクチャリングされたビットはメトリック値の計算に使用できなくなるため、拘束長の4～5倍程度のトレーニング長でも十分でなくなり、特性の劣化が生じる。特性を維持するためにはトレーニング部の長さを更に増やす必要があり、復号に要する計算量およびメモリ量の増加となる問題がある。

以上から本発明の目的は使用メモリを削減でき、しかも、トレーニング部を実質的に長くでき、後方用確率 $\beta_k(m)$ を正確に計算してMAP復号の精度を向上することである。

【課題を解決するための手段】

【0027】

本発明はスライディングウィンドウ(SW)法を用いた復号処理を繰り返行なう最大事後確率復号方法(MAP復号方法)および装置である。スライディングウィンドウ(SW)法は、長さNの符号化データを所定長さLのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう。

【0028】

スライディングウィンドウ(SW)法を用いた復号処理を繰り返行なう最大事後確率復号において、本発明の基本は、今回のMAP復号処理の途中で計算された初期位置における前方用確率および又は後方用確率を次のMAP復号における前方用確率および又は後方用確率の初期値として保存しておく。そして、次のMAP復号処理において保存してある初期値より前方用確率および又は後方用確率の計算を開始する。

第1の最大事後確率復号では、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの後方用確率演算開始点(初期位置)における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、次の復号処理において前記保存してある初期値より各ブロックの後方用確率の計算を開始する。

第2の最大事後確率復号では、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの開始点における後方用確率を、次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、次の各ブロックの復号処理において前記保存してある初期値を用いて該ブロックの開始点よりトレーニングすることなく後方用確率の計算を開始する。

【0029】

第3の最大事後確率復号では、(1)長さNの符号化データを所定長さLのブロックに分割し、各ブロックより後方のデータ位置(後方用確率初期位置)から後方用確率を演算して該ブロックの後方用確率を求めて保存する処理を全ブロック同時に並列的にを行い、(2)各ブロックの前方用確率を演算するに際して該ブロックより前方のデータ位置(前方用確率初期位置)から前方用確率を演算して該ブロックの前方用確率を求める処理を全ブロック同時に並列的にを行い、(3)各ブロックの前記前方用確率と前記保存してある各ブロックの後方用確率とを用いて各ブロックにおけるデータの復号処理を同時に並列的に行ない、(4)今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記後方用確率初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、(5)今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記前方用確率初期位置における前方用確率を次の復号処理における該他ブロックの前方用確率の初期値として保存し、(6)次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率および前方用確率の計算を並列的に開始する。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、トレーニング部の長さを短くしても、たとえば、トレーニング部の長さを拘束長の4～5倍以下にしても、またはトレーニング部を無くしてしまっても、実質的にトレーニング期間を確保することができ、高符号化率における特性の劣化を防ぐことができる。また、ターボ復号器の計算量およびメモリ量を削減することもできる。

本発明の第1の最大事後確率復号によれば、第2回目の復号処理以降は、初期値を0とした場合に比べ、トレーニング済みの後方用確率を初期値として設定するため、使用メモリは若干増えるが、実質的なトレーニング長が伸びて精度良好に後方用確率を演算でき、特性の劣化を防ぐことができる。

本発明の第2の最大事後確率復号によれば、第2回目の復号処理以降は、初期値を0とした場合に比べ、トレーニング済みの後方用確率を初期値として設定するため、使用メモリは若干増えるが、実質的なトレーニング長が伸びて精度良好に後方用確率を演算でき、特性の劣化を防ぐことができる。また、トレーニング部の演算量を削減することができ、

復号処理に要する時間を短縮することができる。

本発明の第3の最大事後確率復号によれば、各サブブロックのメトリック計算において、前方用確率、後方用確率共にトレーニングデータを用いて計算を行うことにより、各サブブロックを全て並列に処理することができるため、高速なMAP復号が可能となる。また、2回目以降の復号処理においては、前方用確率、後方用確率の各演算における初期値として、1回前に演算して記憶しておいた前方用確率、後方用確率をそれぞれ用いるため精度の高い復号処理ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

(A) ターボ符号

MAP復号方法はターボ符号において大きな効果を発揮する。図1はターボ符号器及びターボ復号器を含む通信システムの構成図であり、11はデータ送信側に設けられたターボ符号器、12はデータ受信側に設けられたターボ復号器、13はデータ通信路である。又、 u は伝送する長さ N の情報データ、 x_a , x_b , x_c はターボ符号器11で情報データ u を符号化した符号化データ、 y_a , y_b , y_c は符号化データ x_a , x_b , x_c が通信路13を伝搬し、雑音やフェージングの影響を受けた受信信号、 u' はターボ復号器12で受信データ y_a , y_b , y_c を復号した復号結果であり、それぞれ以下のように表現される。

原データ : $u = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_N\}$
 符号化データ : $x_a = \{x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}, \dots, x_{ak}, \dots, x_{aN}\}$
 : $x_b = \{x_{b1}, x_{b2}, x_{b3}, \dots, x_{bk}, \dots, x_{bN}\}$
 : $x_c = \{x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}, \dots, x_{ck}, \dots, x_{cN}\}$
 受信データ : $y_a = \{y_{a1}, y_{a2}, y_{a3}, \dots, y_{ak}, \dots, y_{aN}\}$
 : $y_b = \{y_{b1}, y_{b2}, y_{b3}, \dots, y_{bk}, \dots, y_{bN}\}$
 : $y_c = \{y_{c1}, y_{c2}, y_{c3}, \dots, y_{ck}, \dots, y_{cN}\}$

ターボ符号器11は情報長 N の情報データ u を符号化して符号化データ x_a , x_b , x_c を出力する。符号化データ x_a は情報データ u そのものであり、符号化データ x_b は情報データ u を符号器ENC1で畳み込み符号化したデータ、符号化データ x_c は情報データ u をインタリーブ(π)して符号器ENC2で畳み込み符号化したデータである。すなわち、ターボ符号は、畳み込みを2つ用いて合成したものである。ただし、インタリーブ出力 x_a' は符号化データ x_a と順番が異なるだけであるため出力しない。

【0032】

図2はターボ復号器の構成図である。ターボ復号は、受信信号 y_a , y_b , y_c のうち、まず y_a と y_b を使って、第1の要素復号器DEC1で復号を行う。要素復号器DEC1は軟出力要素復号器であり、復号結果の尤度を出力する。次に、第1の要素復号器DEC1から出力された尤度と y_c を用いて第2の要素復号器DEC2で同様の復号を行う。すなわち、第2の要素復号器DEC2も軟出力要素復号器であり、復号結果の尤度を出力する。 y_c は原データ u をインタリーブしたものを符号化した x_c に対応する受信信号なので、第1の要素復号器DEC1から出力される尤度は第2の要素復号器DEC2に入力する前にインタリーブ(π)する。第2の要素復号器DEC2から出力された尤度はデインタリーブ(π^{-1})された後、第1の要素復号器DEC1への入力としてフィードバックされる。また、 u' は第2の要素復号器DEC2のデインタリーブ結果を"0", "1"判定した復号データ(復号結果)である。以後、上記の復号操作を所定回数繰り返し行うことにより、誤り率が低減する。

かかるターボ要素復号器におけ第1、第2の要素復号器DEC1, DEC2としてMAP要素復号器を使用することができる。

【実施例1】

【0033】

図3はMAP要素復号器に適用できる第1実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

第1実施例では、第1回目の復号処理(図3の上段)において従来のSW方式と同じ処理を行なう。すなわち、 $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL

3, 4L~3LのブロックBL4, 5L~4LのブロックBL5, . . . の各ブロックにおける後方用確率を各ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から、所定の値を初期値として順に演算して該ブロックの開始点における後方用確率を求める(後方用確率のトレーニング)。例えば、各ブロックより後方のデータ位置2L, 3L, 4L, 5L, 6L, . . . から、後方用確率を順にトレーニング演算して各ブロックの開始点L, 2L, 3L, 4L, 5L, . . . における後方用確率を求める。トレーニング後、該ブロック開始点の後方用確率より各ブロックBL1, BL2, BL3, . . . 後方用確率を演算して保存する。そして、全後方用確率演算後に前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行なう。なお、タイムチャートから明らかなように、第1ブロック、第2ブロック、第3ブロック, . . . の順番に各ブロックの復号処理を行なう。

【0034】

このSW方式による第1回目の復号処理(図3の上段)において、各ブロックの最終データ位置0, L, 2L, 3L, 4L, . . . の後方用確率 β_0 , β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , . . . 値を次回の後方用確率の初期値として記憶する(実際には β_0 , β_L は用いない)。

そして、第2回目の復号処理(図3の下段)において前記保存してある後方用確率 β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , . . . を初期値として用いて、トレーニング後、L~0のブロックBL1, 2L~LのブロックBL2, 3L~2LのブロックBL3, 4L~3LのブロックBL4, 5L~4LのブロックBL5, . . . の各ブロックにおける後方用確率を演算する。なお、第2回目の復号処理において、各ブロックにおける最終データ位置0, L, 2L, 3L, 4L, . . . の後方用確率 β_0' , β_L' , β_{2L}' , β_{3L}' , β_{4L}' , . . . 値を次回の後方用確率の初期値として記憶する。

以上では、各ブロックの最終データ位置0, L, 2L, 3L, 4L, . . . の後方用確率 β_0 , β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , . . . 値を次回の後方用確率の初期値として記憶したが、中間位置における後方用確率 β_0'' , β_L'' , β_{2L}'' , β_{3L}'' , β_{4L}'' , . . . 値を次回の後方用確率の初期値として記憶することもできる。

【0035】

図4は第1実施例の最大事後確率復号装置の構成図である。なお、各部の処理、演算はタイミング制御部20からのタイミング信号に基づいて制御される。

入力データ処理部21は図示しないメモリに保存されている受信データの必要な部分を取り出して移行確率演算部22に入力し、移行確率演算部22は入力データの移行確率を演算して適宜第1、第2後方用確率演算部23、24および前方用確率演算部25に入力する。

第1後方用確率演算部23は図3の奇数番目のブロックBL1, BL3, BL5, . . . iL~0, 3L~2L, 5L~4L, . . . jにおける後方用確率のトレーニング演算を初期位置(2L, 4L, 6L, . . .)から開始し、該ブロックの後方用確率を β 保存部26に保存し、また、各ブロックの最終データ位置(0, 2L, 4L, . . .)の後方用確率(β_0 , β_{2L} , β_{4L} , . . .)値を次回の後方用確率の初期値として β 初期値保存部27に記憶する。なお、第(j+2)ブロックの最後の後方用確率 β_{jL} を、回次の復号処理における第jブロックの後方用確率の初期値として使用する。ただし、jは奇数である。

【0036】

第2後方用確率演算部24は図3の偶数番目のブロックBL2, BL4, BL6, . . . i2L~L, 4L~3L, 6L~5L, . . . jにおける後方用確率のトレーニング演算を初期位置(3L, 5L, 7L, . . .)から開始し、該ブロックの後方用確率を β 保存部28に保存し、また、各ブロックの最終データ位置(L, 3L, 5L, . . .)の後方用確率(β_L , β_{3L} , β_{5L} , . . .)値を次回の後方用確率の初期値として β 初期値保存部27に記憶する。なお、第(j+2)ブロックの最後の後方用確率 β_{jL} を、回次の復号処理における第jブロックの後方用確率の初期値として使用する。ただし、jは偶数である。

前方用確率演算部25は各ブロックの前方用確率を連続的に計算する。選択部29は適

宜 β 保存部26, 28に保存されている後方用確率を選択して出力し、結合確率演算部30は結合確率を演算し、 u_k 及び u_k 尤度演算部31はデータ u_k の"1", "0"を決定すると共にその信頼度(尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

β 初期値設定部32は 1^N 個の全データに対する第1回目の復号処理が終了すれば、次の復号処理に際して、第1、第2の後方用確率演算部23、24が各ブロックの後方用確率を演算するに際して β の初期値を β 初期値保存部27から読み出してこれら各後方用確率演算部23、24に設定する。

【0037】

各部は図3のタイムチャートに従って、タイミング制御部20からのタイミング信号に基づいて周知のスライディングウインドウ方式と同様のタイミング(図19、図20)で復号処理をブロック毎に順番に実行する

第1実施例によれば、第2回目の復号処理以降は、一定値を初期値とした場合に比べ、トレーニング済みの後方用確率 β_0 , β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , ... を初期値として設定するため、使用メモリは若干増えるが、実質的なトレーニング長が3倍に伸びて精度良好に後方用確率を演算でき、特性の劣化を防ぐことができる。

【実施例2】

【0038】

図5は第2実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

第2実施例では、第1回目の復号処理(図5の上段)において従来のSW方式と同じ処理を行なう。すなわち、 $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL3, $4L \sim 3L$ のブロックBL4, $5L \sim 4L$ のブロックBL5, ... の各ブロックにおける後方用確率を各ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から、一定値を初期値として順に演算して該ブロックの開始点における後方用確率を求める(後方用確率のトレーニング)。例えば、各ブロックより後方のデータ位置 $2L$, $3L$, $4L$, $5L$, $6L$, ... から、後方用確率を順にトレーニング演算して各ブロックの開始点 L , $2L$, $3L$, $4L$, $5L$, ... における後方用確率を求める。トレーニング後、該ブロックの開始点の後方用確率より各ブロックBL1, BL2, BL3, ... 後方用確率を演算して保存する。そして、全後方用確率演算後に前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行なう。なお、タイムチャートから明らかなように、第1ブロック、第2ブロック、第3ブロック, ... の順番に各ブロックの復号処理を行なう。

【0039】

このSW方式による第1回目の復号処理(図5の上段)において、各ブロックの最終データ位置 0 , L , $2L$, $3L$, $4L$, ... の後方用確率 β_0 , β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , ... 値を次回の後方用確率の初期値として記憶する(実際には β_0 は用いない)。

そして、第2回目の復号処理(図5の下段)において前記保存してある後方用確率 β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , ... を初期値として用いて、トレーニングすること無しに $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL3, $4L \sim 3L$ のブロックBL4, $5L \sim 4L$ のブロックBL5, ... の各ブロックにおける後方用確率を直接演算する。なお、第2回目の復号処理において、各ブロックにおける最終データ位置 0 , L , $2L$, $3L$, $4L$, ... の後方用確率 β_0' , β_L' , β_{2L}' , β_{3L}' , β_{4L}' , ... 値を次回の後方用確率の初期値として記憶する。

以上では、各ブロックの最終データ位置 0 , L , $2L$, $3L$, $4L$, ... の後方用確率 β_0 , β_L , β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , ... 値を次回の後方用確率の初期値として記憶したが、中間位置における後方用確率 β_0'' , β_L'' , β_{2L}'' , β_{3L}'' , β_{4L}'' , ... 値を次回の後方用確率の初期値として記憶することもできる。

【0040】

第2実施例の最大事後確率復号装置は図4の第1実施例の構成と同じであり、図5のタイムチャートに従って、タイミング制御部20からのタイミング信号に基づいて周知のスライディングウインドウ方式と同様のタイミング(図19、図20)で復号処理をブロック毎に順番

に実行する

第2実施例によれば、第2回目の復号処理以降は、初期値を一定値とした場合に比べ、トレーニング済みの後方用確率を初期値として設定するため、使用メモリは若干増えるが、実質的なトレーニング長が伸びて精度良好に後方用確率を演算でき、特性の劣化を防ぐことができる。また、第1実施例に比べてトレーニング部の演算量を削減することができる。また、復号処理に要する時間を短縮することができる。また、トレーニング部の演算量を削減することができるが、トレーニング長は従来のSW方式の2倍であり、精度良好に後方用確率を演算でき、特性の劣化を防ぐことができる。

【実施例3】

【0041】

図6は第3実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

第3実施例では、前提として1符号化ブロックの全入力受信データが読み込まれてメモリに格納されているものとする。また、 $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL3, $4L \sim 3L$ のブロックBL4, $5L \sim 4L$ のブロックBL5. . . . 毎に後方用確率演算手段、前方用確率演算手段、ソフトデシジョン演算手段が設けられているものとする。第3実施例は、(1)ブロック毎に並列的にスライディングウィンドウ方式の復号処理を行なう点、(2)各ブロックの前方用確率演算手段がトレーニング演算を実行して前方用確率を演算する点、(3)前回の演算過程で得られた後方用確率および前方用確率を次回演算の初期値として保存する点、(4)次回演算において保存してある後方用確率および前方用確率を初期値として演算を行なう点、に特徴がある。なお、(1)~(2)のブロック毎に並列的に復号処理する点も新規である。

【0042】

第3実施例において、各ブロックの復号処理を並列的に行なう(図6の上段)。すなわち、各ブロックの後方用確率演算手段は、 $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL3, $4L \sim 3L$ のブロックBL4, $5L \sim 4L$ のブロックBL5. . . . の各ブロックにおける後方用確率を各ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から、一定値を初期値として順に並列的に演算して各ブロックの開始点における後方用確率を求める(後方用確率のトレーニング)。例えば、各ブロックより後方のデータ位置 $2L, 3L, 4L, 5L, 6L, \dots$ から、後方用確率を順に並列的にトレーニング演算して各ブロックの開始点 $L, 2L, 3L, 4L, 5L, \dots$ における後方用確率を求める。しかる後、該ブロック開始点の後方用確率を用いて各ブロックの後方用確率を並列演算して保存する。なお、各ブロックの最終データ位置 $0, L, 2L, 3L, 4L, \dots$ の後方用確率 $\beta_0, \beta_L, \beta_{2L}, \beta_{3L}, \beta_{4L}, \dots$ 値を次回の後方用確率の初期値として記憶する(実際には β_0, β_L は用いない)。すなわち、第 $(j+2)$ ブロックの最後の後方用確率 β_{jL} を、次の復号処理における第 j ブロックの後方用確率の初期値として保存する。

【0043】

以上と並行して、各ブロックの前方用確率演算手段は、 $0 \sim L$ のブロックBL1, $L \sim 2L$ のブロックBL2, $2L \sim 3L$ のブロックBL3, $3L \sim 4L$ のブロックBL4, $4L \sim 5L$ のブロックBL5. . . . の各ブロックにおける前方用確率を各ブロックより前方のデータ位置(初期位置)から、一定値を初期値として順に並列的に演算して各ブロックの開始点における前方用確率を求める(前方用確率のトレーニング。ただし、ブロックBL1ではトレーニングしない)。例えば、各ブロックBL2, BL3, BL4, BL5, . . . 諸ブロックのデータ位置 $0, L, 2L, 3L, 4L, \dots$ から前方用確率を並列的にトレーニング演算して各ブロックの前方確率を並列演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記各ブロックのデータの復号処理を並列的に行なう。

また、 $0 \sim L$ のブロックBL1, $L \sim 2L$ のブロックBL2, $2L \sim 3L$ のブロックBL3, $3L \sim 4L$ のサブブロックBL4, $4L \sim 5L$ のブロックBL5. . . . の各ブロックにおける最終データ $L, 2L, 3L, 4L, 5L, \dots$ の前方用確率 $\alpha_L, \alpha_{2L}, \alpha_{3L}, \alpha_{4L}, \alpha_{5L}, \dots$ 値を次回的前方用確率の初期値として記憶する。すなわち、第 j ブロックの最後の前方用確率 α_{jL} を、次の復号処理における第 $(j+2)$ ブロックの前方用確率の初期値として保存する。

【0044】

そして、第2回目の復号処理において(図6の下段)、各ブロックの演算部は、前記保存してある後方用確率 β_{2L} , β_{3L} , β_{4L} , . . . を初期値として用いてトレーニングを行なった後、 $L \sim 0$ のブロックBL1, $2L \sim L$ のブロックBL2, $3L \sim 2L$ のブロックBL3, $4L \sim 3L$ のブロックBL4, . . . の後方用確率を演算し、同様に前記保存してある前方用確率 α_L , α_{2L} , α_{3L} , α_{4L} , . . . 初期値として用いてトレーニングを行なった後、 $0 \sim L$ のブロックBL1, $L \sim 2L$ のブロックBL2, $2L \sim 3L$ のブロックBL3, $3L \sim 4L$ のブロックBL4, . . . の前方用確率を演算すると共にソフトデシジョン演算を行なう。

なお、第2回目の復号処理において、各ブロックにおける最終データ $0, L, 2L, 3L, 4L, \dots$ の後方用確率 $\beta_{0'}$, $\beta_{L'}$, $\beta_{2L'}$, $\beta_{3L'}$, $\beta_{4L'}$, . . . 値を次回の後方用確率の初期値として記憶し、また、各ブロックにおける最終データ $L, 2L, 3L, 4L, \dots$ の前方用確率 $\alpha_{L'}$, $\alpha_{2L'}$, $\alpha_{3L'}$, $\alpha_{4L'}$, . . . 値を次回の前方用確率の初期値として記憶する。

【0045】

図7は第3実施例の最大事後確率復号装置の構成図であり、入力データ処理部41は図示しないメモリに保存されているN個の符号化データの必要なデータ部分を取り出して第jブロック($j = 1, 2, 3, \dots$)対応に設けられた各復号処理部42₁, 42₂, 42₃, 42₄, . . . に入力する。

各復号処理部42₁, 42₂, 42₃, 42₄, . . . は同一の構成になっており、移行確率演算部51、後方用確率演算部52、前方用確率演算部53、 β 保存部54、結合確率演算部55、 u_k 及び u_k 尤度演算部56を備えている。

第jブロックの第j復号処理部42_jの前方確率演算部53は、第jブロックの最終データjLに応じた前方用確率 α_{jL} を図示しない記憶部に保存し、次回的前方用確率演算の初期値として第(j+2)復号処理部42_{j+2}の前方確率演算部53に入力する。

又、第(j+2)ブロックの第(j+2)復号処理部42_{j+2}の後方確率演算部52は、第(j+2)ブロックの最終データ(j+1)Lに応じた後方用確率 $\beta_{(j+1)L}$ を図示しない記憶部に保存し、次回的前方用確率演算の初期値として第j復号処理部42_jの後方確率演算部52に入力する。

【0046】

第3実施例の最大事後確率復号装置は図6のタイムチャートに従って各ブロック並列的に復号処理を実行すると共に、演算過程で得られた後方用確率および前方用確率を次回演算の初期値として保存し、次回演算において該保存してある後方用確率および前方用確率を初期値として用いる。

以上、第3実施例では、各サブブロックのメトリック計算において、前方用確率、後方用確率共にトレーニングデータを用いて計算を行うことにより、各サブブロックを全て並列に処理することができる。このため、高速なMAP復号が可能となる。また、2回目以降の復号処理においては、前方用確率、後方用確率の各演算における初期値として、1回前に演算して記憶しておいた前方用確率、後方用確率をそれぞれ用いるため精度の高い復号処理ができる。

【実施例4】

【0047】

図8は本発明を適用できるターボ復号のシーケンス説明図である。

ターボ復号は図2より明らかなように y_a , y_b を用いる前半の復号と、 y_a , y_c を用いる後半の復号を一組にして複数回繰り返す。

外部情報尤度算出部EPC1は、第1回目のMAP復号の前半において出力する事後確率L(u_1)とMAP復号器入力信号 y_a を用いて外部情報尤度 $L_e(u_1)$ を出力する。この外部情報尤度 $L_e(u_1)$ にインタリーブを施し、次の後半のMAP復号に用いる事前尤度L(u_2')として出力する。

ターボ復号では第2回目以降のMAP復号において、(信号 y_a +事前尤度L(u_3'))を入力信号 y_a として使用する。従って、外部情報尤度算出部EPC2は第1回目のMAP復号の後半において、要素復号器DEC2より出力する事後確率L(u_2)と復号器入力信号(=信号 y_a +事前尤

度 $L(u_2')$))を用いて次のMAP復号に用いる外部情報尤度 $L_e(u_2)$ を出力する。この外部情報尤度 $L_e(u_2)$ にデインタリーブを施し、次のMAP復号に用いる事前尤度 $L(u_3')$ として出力する。

【0048】

以後、同様にして、第2回目の前半において外部情報尤度算出部EPC1は外部情報尤度 $L_e(u_3)$ を出力し、後半において外部情報尤度算出部EPC2は外部情報尤度 $L_e(u_4)$ を出力する。すなわち、各値のlog値を用いると、次式

$$L(u) = L_y a + L(u') + L_e(u) \quad (4)$$

が成立するから、外部情報尤度算出部EPC1, 2は次式

$$L_e(u) = L(u) - L_y a - L(u') \quad (5)$$

により外部情報尤度 $L_e(u)$ を求めることができる。但し、第1回目は $L(u') = 0$ である。

まとめると、第1回目の前半の復号処理では、受信信号 L_{cya} , L_{cyb} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_1)$ を出力する。ついで、(5)式(但し、 $L(u_1') = 0$)により、事前尤度 $L_e(u_1)$ を求めインタリーブして $L(u_2')$ とする。

第1回目の後半の復号処理では、受信信号 L_{cya} をインタリーブしたものと前半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_2')$ とを新たな受信信号 L_{cya}' とみなし、該 L_{cya}' と L_{cyc} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_2)$ を出力する。ついで、(5)式により事前尤度 $L_e(u_2)$ を求めデインタリーブして $L(u_3')$ とする。

【0049】

第2回目の前半の復号処理では、受信信号 L_{cya} と後半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_3')$ とを新たな受信信号 L_{cya}' とみなし、該 L_{cya}' と L_{cyb} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_3)$ を出力する。ついで、上式により事前尤度 $L_e(u_3)$ を求めインタリーブして $L(u_4')$ とする。

第2回目の後半の復号処理では、受信信号 L_{cya} をインタリーブしたものと前半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_4')$ とを新たな受信信号 L_{cya}' とみなし、該 L_{cya}' と L_{cyc} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_4)$ を出力する。ついで、(5)式により事前尤度 $L_e(u_4)$ を求めデインタリーブして $L(u_5')$ として上記復号処理を繰り返す。

【0050】

・付記

付記1. 受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

復号処理の途中で計算された前方用確率および又は後方用確率の演算開始点における値を次の復号処理における前方用確率および又は後方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて前方用確率および又は後方用確率の演算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

付記2. 前記復号処理は、

長さNの符号化データを所定長Lづつのブロックに分割し、

所定ブロックの後方用確率を演算するに際して該ブロックより後方のデータ位置から後方用確率の演算を開始して該ブロックの後方用確率を求めて保存し、

ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて着目ブロックの各データの復号処理を行ない、

以後、同様に各ブロックの復号処理を行なう

ことを特徴とする請求項1記載の最大事後確率復号方法。

付記3. 長さNのデータを所定長Lづつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復

号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号方法において、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

付記 4. 前記初期位置は、着目ブロックより1ブロック後方の位置である、

ことを特徴とする付記 3 記載の最大事後確率復号方法。

付記 5. 長さ N のデータを所定長 L づつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号方法において、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの開始点における後方用確率を、次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、

次の各ブロックの復号処理において前記保存してある初期値を用いて該ブロックの開始点より後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

付記 6. 最初の各ブロックの復号処理においてのみ、スライディングウィンドウ法により復号を行なう、

ことを特徴とする付記 5 記載の最大事後確率復号方法。

付記 7. 前記初期位置は、着目ブロックより1ブロック後方の位置である、

ことを特徴とする付記 5 記載の最大事後確率復号方法。

付記 8. 第 $(j+1)$ ブロックの最後の後方用確率 β_{jL} を、次の復号処理における第 j ブロックの後方用確率の前記初期値とする、

ことを特徴とする付記 7 記載の最大事後確率復号方法。

付記 9. 受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

長さ N のデータを所定長 L づつのブロックに分割し、各ブロックより後方のデータ位置(後方用確率初期位置)から後方用確率を演算して該ブロックの後方用確率を求めて保存する処理を全ブロックで同時に並列的に行ない、

各ブロックの前方用確率を演算するに際して該ブロックより前方のデータ位置(前方用確率初期位置)から前方用確率を演算して該ブロックの前方用確率を求める処理を全ブロックで同時に並列的に行ない、

各ブロックの前記前方用確率と前記保存してある各ブロックの後方用確率とを用いて各ブロックのデータの復号処理を並列的に行ない、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記後方用確率初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、かつ、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記前方用確率初期位置における前方用確率を次の復号処理における該他ブロックの前方用確率の初期値として保存し、

次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率および前方用確率の計算を並列的に開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号方法。

付記 10. 前記後方用確率初期位置は、着目ブロックより1ブロック後方の位置であり、前記前方用確率初期位置は、着目ブロックより1ブロック前方の位置

であることを特徴とする付記 9 記載の最大事後確率復号方法。

付記 11. 第 $(j+2)$ ブロックの最後の後方用確率 β_{jL} を、次の復号処理における第 j ブロックの後方用確率の前記初期値とし、

第 j ブロックの最後の前方用確率 α_{jL} を、次の復号処理における第 $(j+2)$ ブロックの前方用確率の前記初期値とする、

ことを特徴とする付記 10 記載の最大事後確率復号方法。

付記 12. 受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の復号処理の途中で計算された前方用確率および又は後方用確率の演算開始点における値を次の復号処理における前方用確率および又は後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて前方用確率および又は後方用確率の計算を開始することを特徴とする最大事後確率復号装置。

付記 13. 長さ N のデータを所定長 L ずつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号装置において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

付記 14. 長さ N の符号化データを所定長 L ずつのブロックに分割し、着目ブロックの後方用確率を演算するに際して該着目ブロックより後方のデータ位置(初期位置)から後方用確率を演算して該着目ブロックの後方用確率を求めて保存し、ついで、前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある後方用確率を用いて前記着目ブロックの各データの復号処理を行ない、以後、順番に各ブロックの復号処理を行なう最大事後確率復号装置において、

符号化データを用いて前方用確率および後方用確率を計算する計算手段、

該前方用確率および後方用確率を用いて前記符号化データの復号を行なう手段、

今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの開始点における後方用確率を、次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存する手段、

を備え、前記計算手段は、次の各ブロックの復号処理において前記保存してある初期値を用いて該ブロックの開始点より後方用確率の計算を開始する、

ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

付記 15. 受信データについて後方から前方に向けてトレリスを用いて後方用確率の演算を行ない、該受信データについて前方から後方に向けてトレリスを用いて前方用確率の演算を行ない、該後方用確率の演算結果と該前方用確率の演算結果とに基づいて復号処理を行い、前記復号処理を繰り返し行なう最大事後確率復号方法において、

長さ N の符号化データを所定長 L ずつのブロックに分割したとき、ブロック毎に、後方用確率を計算する後方用確率演算部、

前方用確率を計算する前方用確率演算部、

該前方用確率および後方用確率を用いて該データの復号を行なう手段、
を備え、

前記各ブロックの後方用確率演算部は、該ブロックより後方のデータ位置(後方用確率初期位置)から後方用確率を順に演算して該ブロックの後方用確率を求めて保存する処理を全ブロック同時に並列的に行ない、

前記各ブロックの前方用確率演算部は、該ブロックより前方のデータ位置(前方用確率初期位置)から前方用確率を演算して該ブロックの前方用確率を求める処理を全ブロック同時に並列的に行ない、

前記復号手段は、各ブロックの前記前方用確率と前記保存してある各ブロックの後方用確率とを用いて各ブロックのデータの復号処理を同時に行なう、

ことを特徴とする最大事後確率復号装置。

付記 16. 各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの所定データ位置における後方用確率を保存する第1の保存手段、

各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの所定データ位置における前方用確率を保存する第2の手段
を更に備え、

前記第1の保存手段は、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記後方用確率初期位置における後方用確率を次の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として保存し、

前記第2の保存手段は、今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの前記前方用確率初期位置における前方用確率を次の復号処理における該他ブロックの前方用確率の初期値として保存し、

前記各ブロックの後方用確率演算部および前記各ブロックの前方用確率演算部は、次の復号処理において前記保存してある初期値を用いて各ブロックの後方用確率および前方用確率の計算を並列的に開始する、

ことを特徴とする請求項 15 記載の最大事後確率復号装置。

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明によれば、ターボ復号等において、パンクチャリングを用いた高符号化率符号の復号を行う際に、メトリック値計算におけるトレーニング部の長さを短くしても、実質上のトレーニング長を確保でき特性の劣化を防ぐことができる。更に、ターボ復号器の計算量およびメモリ量を削減することができる。したがって、ターボ復号などMAP復号に利用して好適である。なお、本願発明はターボ符号の復号だけでなく同様の繰り返し復号処理を行なうMAP復号方法に適用できるものである。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】ターボ符号器及びターボ復号器を含む通信システムの構成図である。

【図2】ターボ復号器の構成図である。

【図3】第1実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

【図4】第1実施例の最大事後確率復号装置の構成図である。

【図5】第2実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

【図6】第3実施例の最大事後確率復号方法のタイムチャートである。

【図7】第3実施例の最大事後確率復号装置の構成図である。

【図8】本発明を適用できるターボ復号のシーケンス説明図である。

【図9】畳み込み符号器の例である。

【図10】畳み込み符号器の入出力関係及びシフトレジスタの状態説明図である。

【図11】状態説明図である。

【図12】畳み込み符号器の状態と入出力の関係図である。

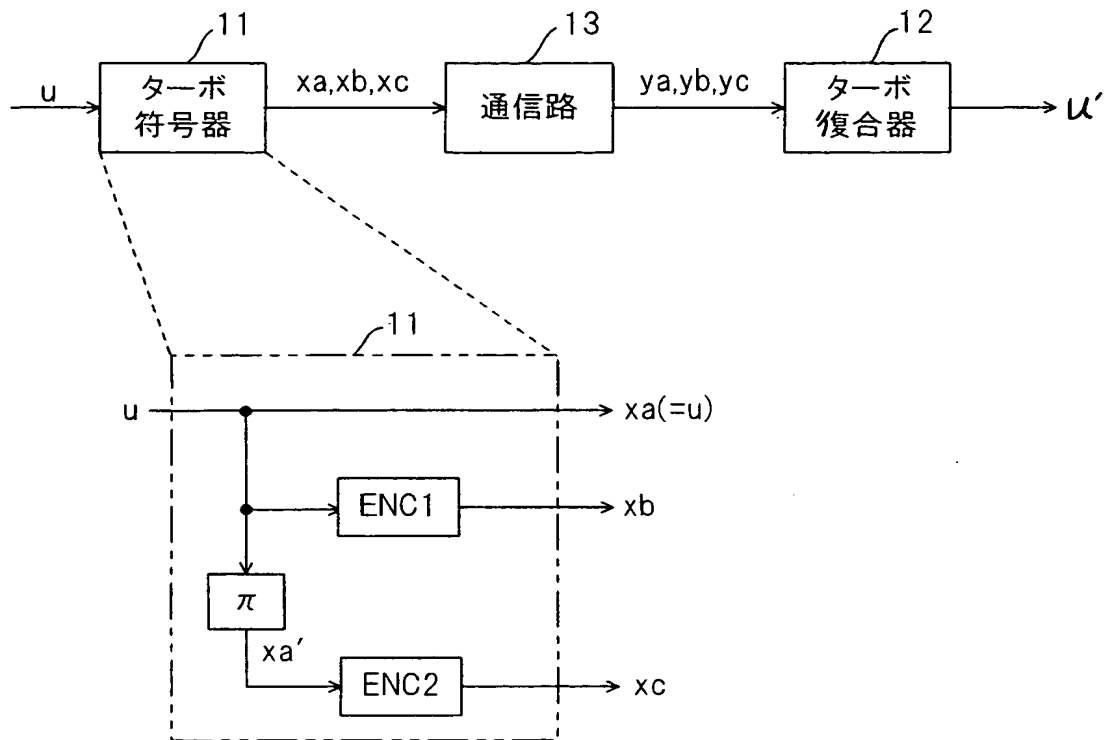
- 【図 13】 畳み込み符号器の畳み込み符号を格子状表現したトレリス線図である。
- 【図 14】 従来の第 1 の MAP 復号方法を実現する MAP 復号器の構成図である。
- 【図 15】 従来の第 2 の MAP 復号方法を実現する MAP 復号器の構成図である。
- 【図 16】 図 15 のタイムチャートである。
- 【図 17】 従来の第 3 の MAP 復号方法の説明図である。
- 【図 18】 S W 方式を用いた従来の第 4 の MAP 復号方法を説明する為の演算シーケンス説明図である。
- 【図 19】 第 4 の MAP 復号方法のタイムチャートである。
- 【図 20】 本発明と同じ表現形式を有する第 4 の MAP 復号方法のタイムチャートである。

【符号の説明】

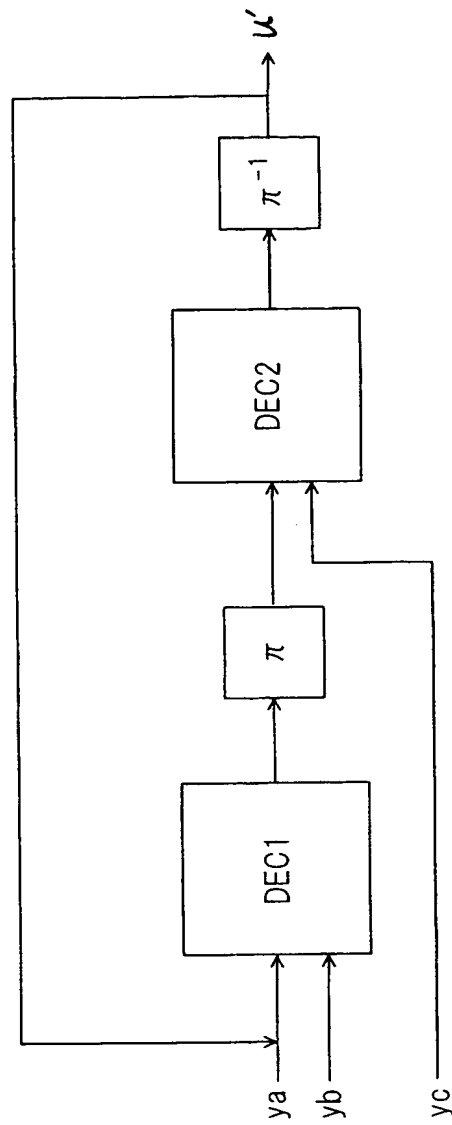
【0053】

- 20 タイミング制御部
- 21 入力データ処理部
- 22 移行確率演算部
- 23 第 1 後方用確率演算部
- 24 第 2 後方用確率演算部
- 25 前方用確
- 26, 28 β 保存部
- 27 β 初期値保存部
- 29 選択部
- 30 結合確率演算部
- 31 u_k 及び u_k 尤度演算部
- 32 β 初期値設定部

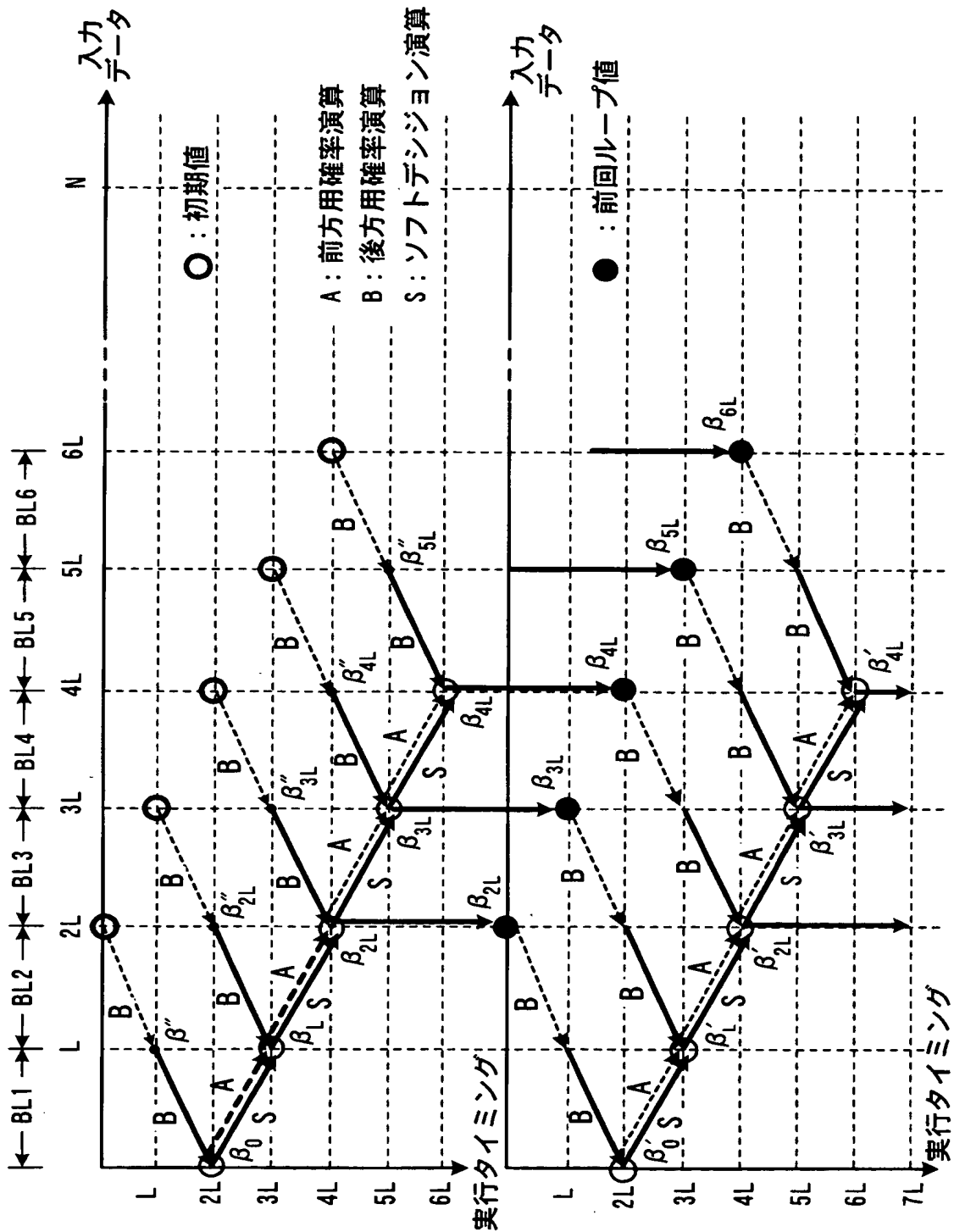
【書類名】 図面
【図 1】



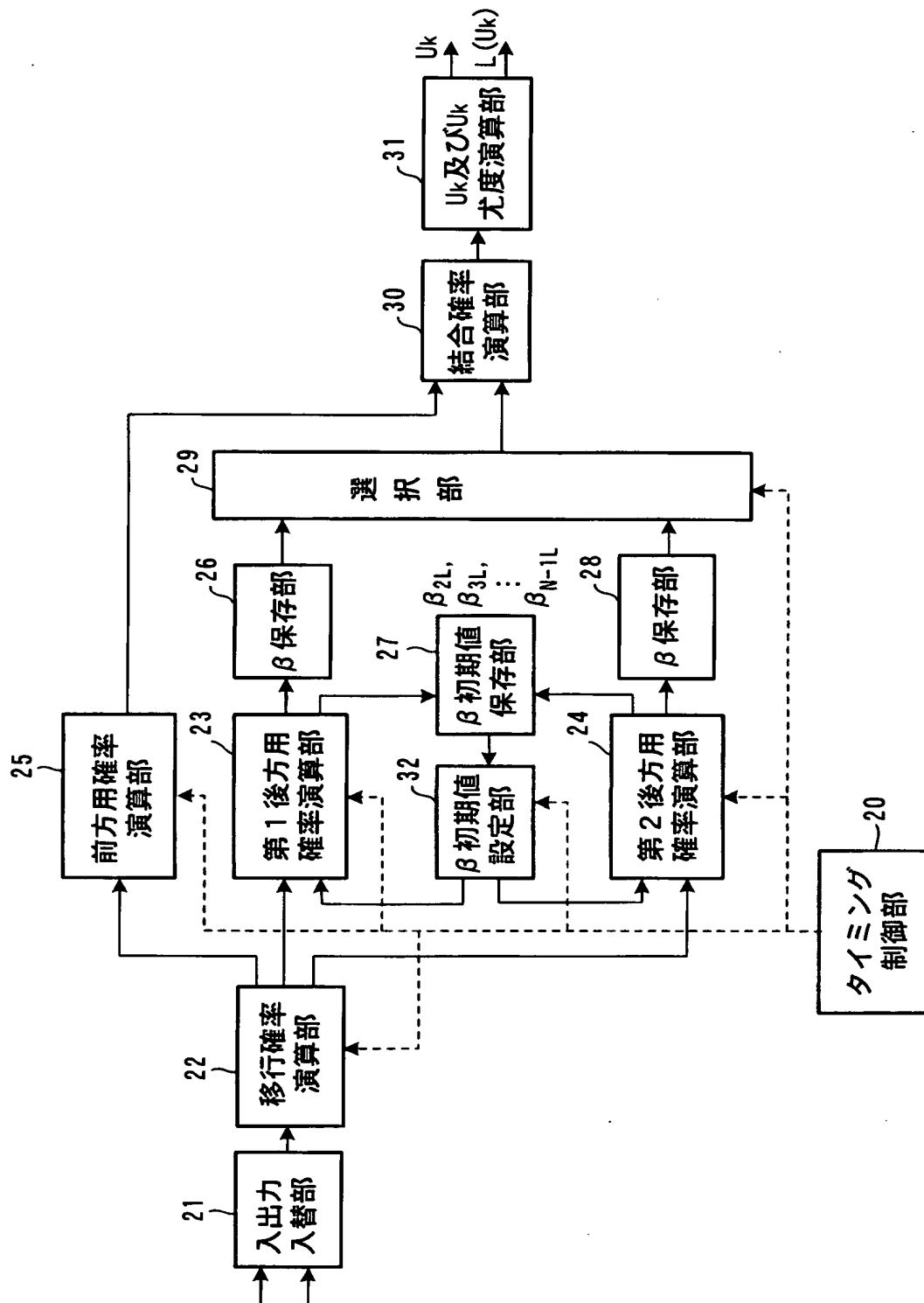
【図 2】



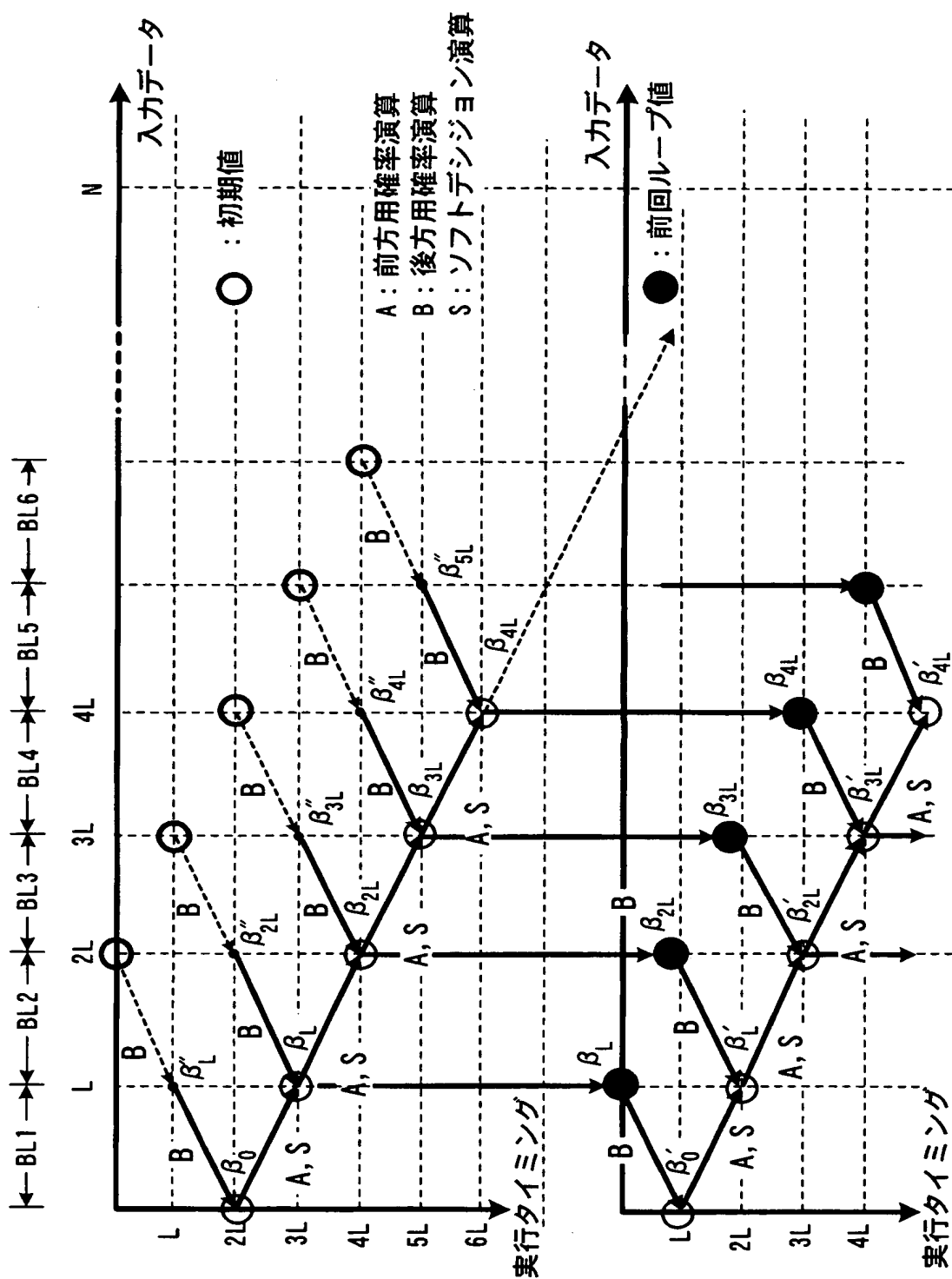
【図 3】



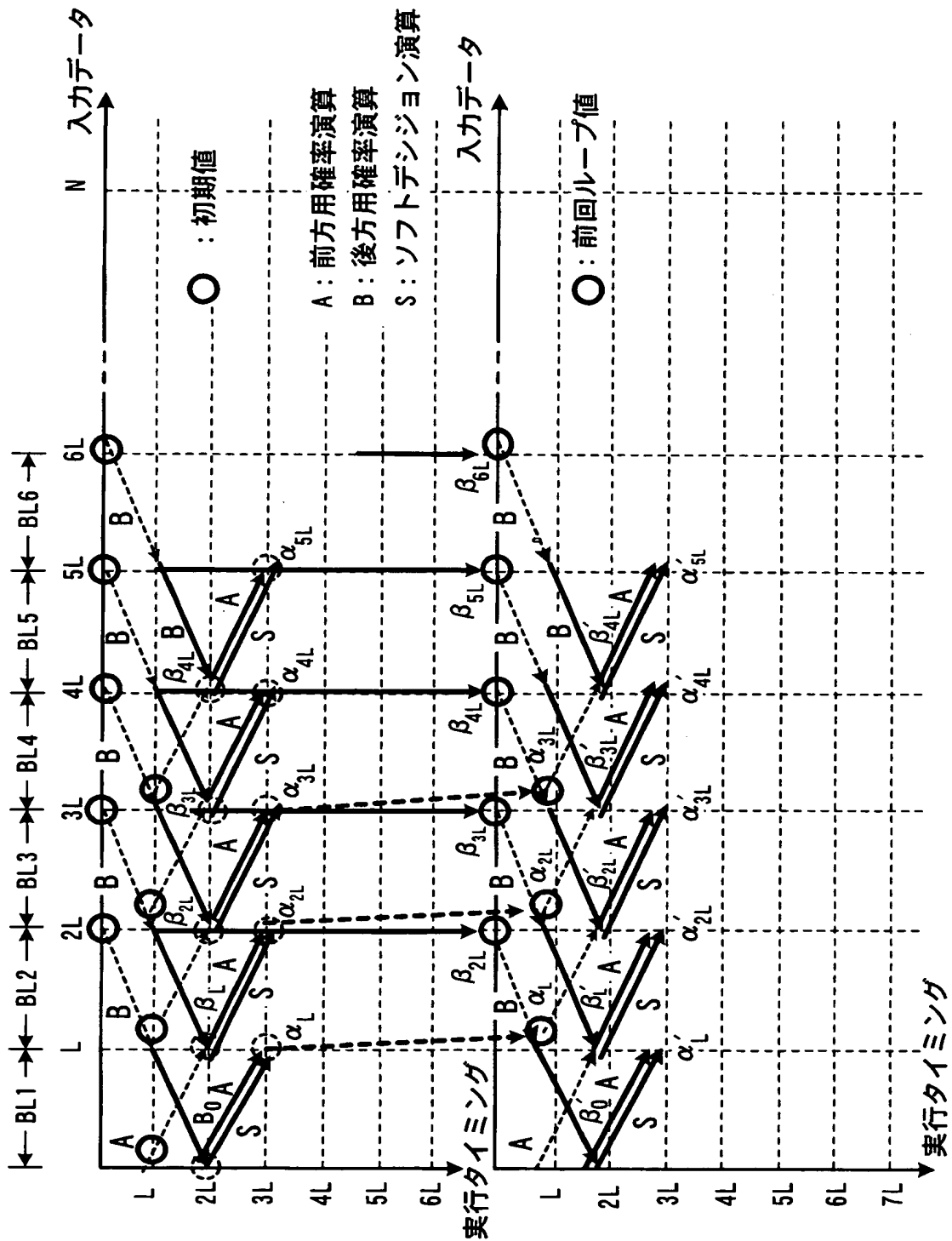
【図 4】



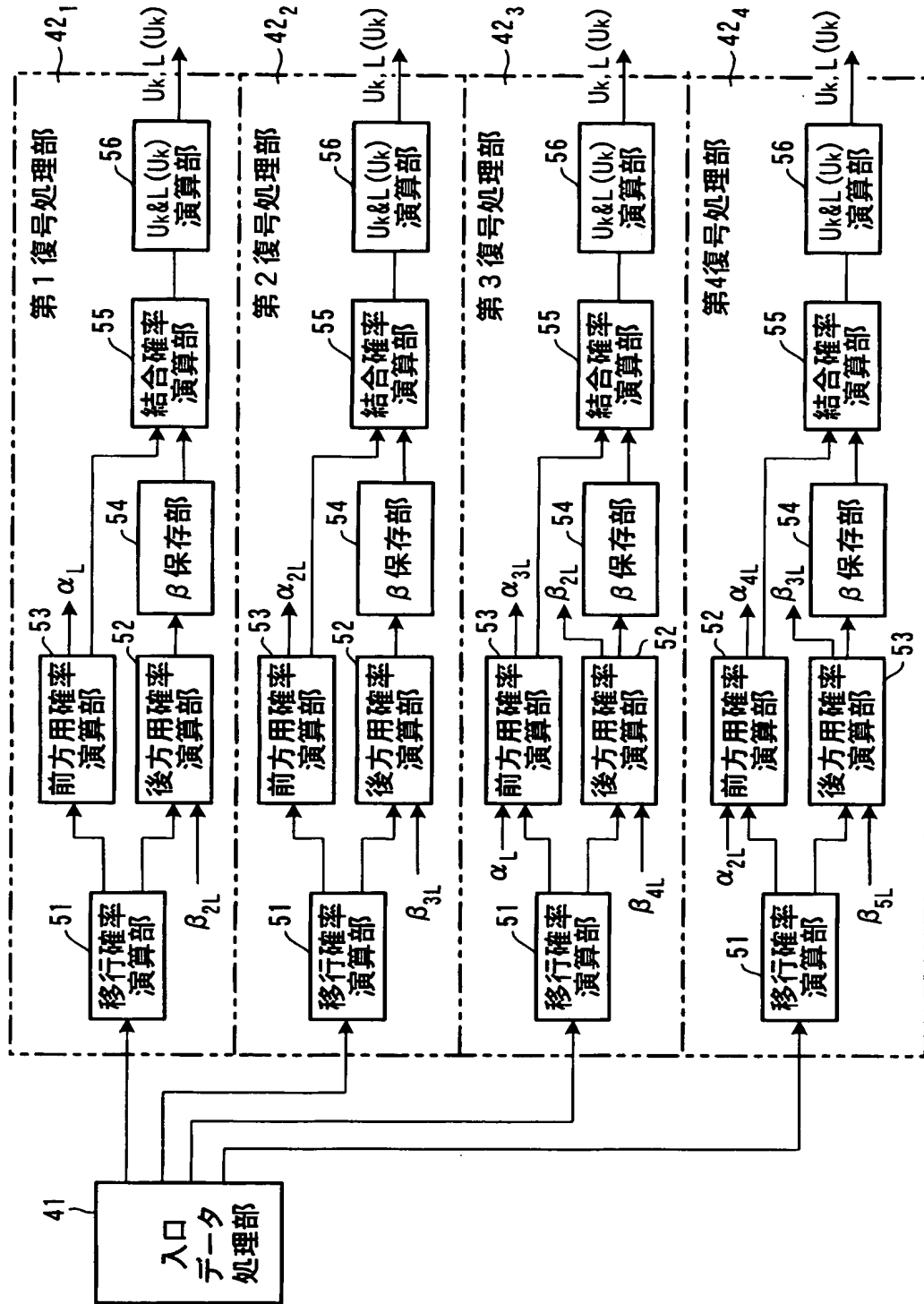
【図 5】



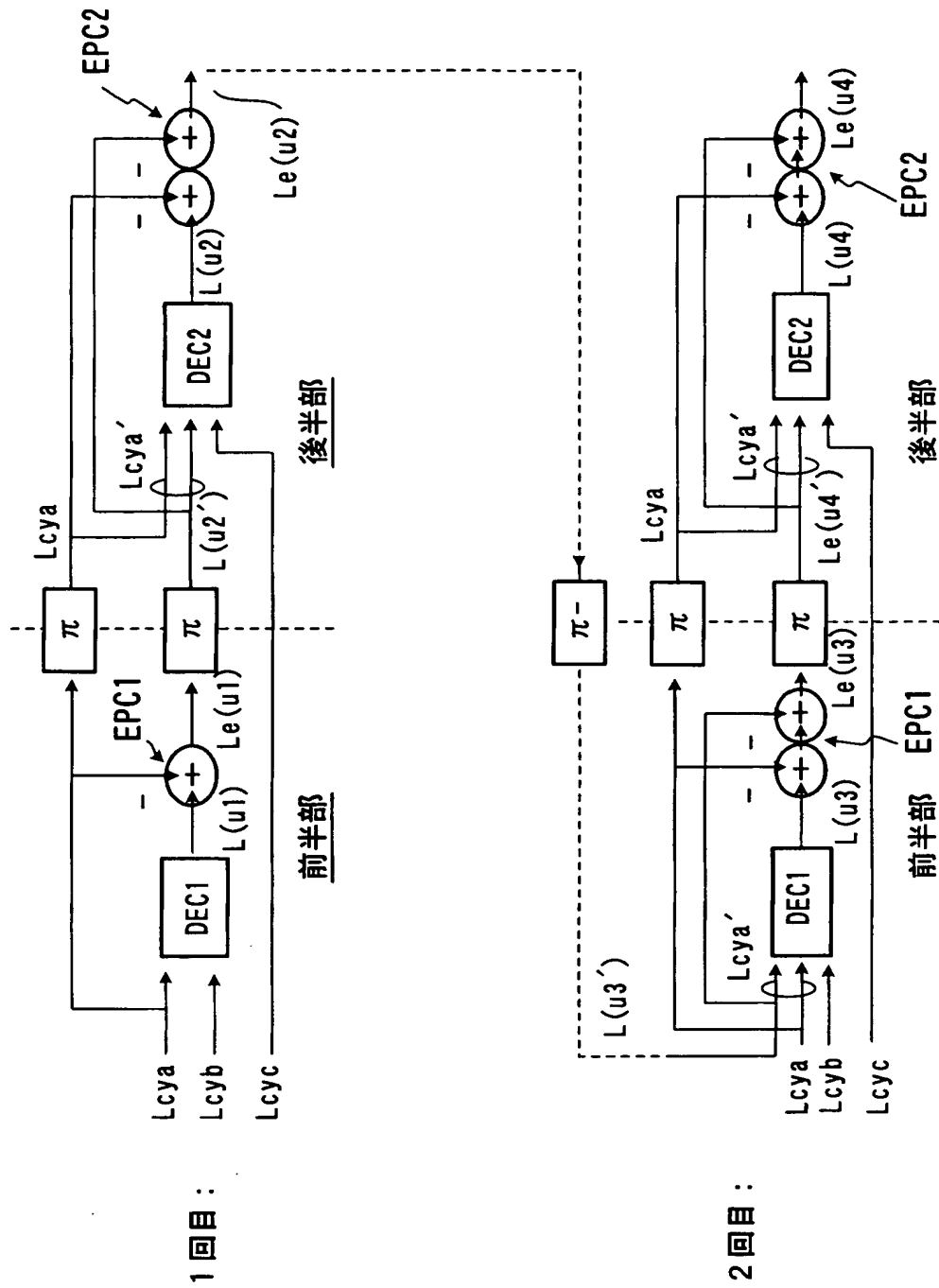
【図 6】



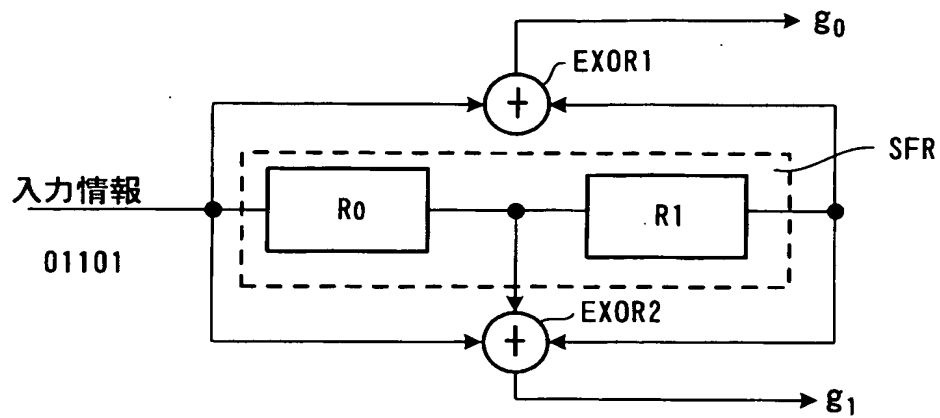
【図 7】



【図 8】



【図 9】



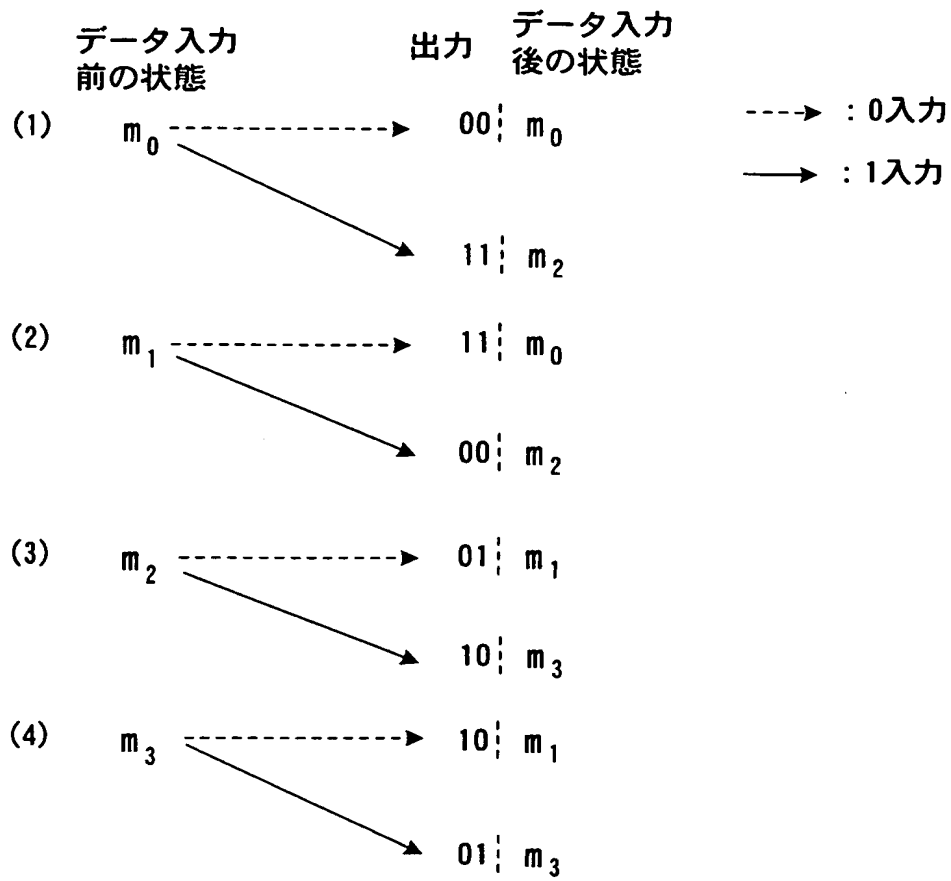
【図 10】

| 入力 | 初期 状態 | シフトレジスタ | | 出力 | |
|----|----------|---------|---|----------------|----------------|
| | | 0 | 0 | g ₀ | g ₁ |
| 0 | → | 0 | 0 | → | 0 0 |
| 1 | → | 1 | 0 | → | 1 0 |
| 1 | → | 1 | 1 | → | 0 1 |
| 0 | → | 0 | 1 | → | 1 1 |
| 1 | → | 1 | 0 | → | 1 0 |
| | | state | | | |

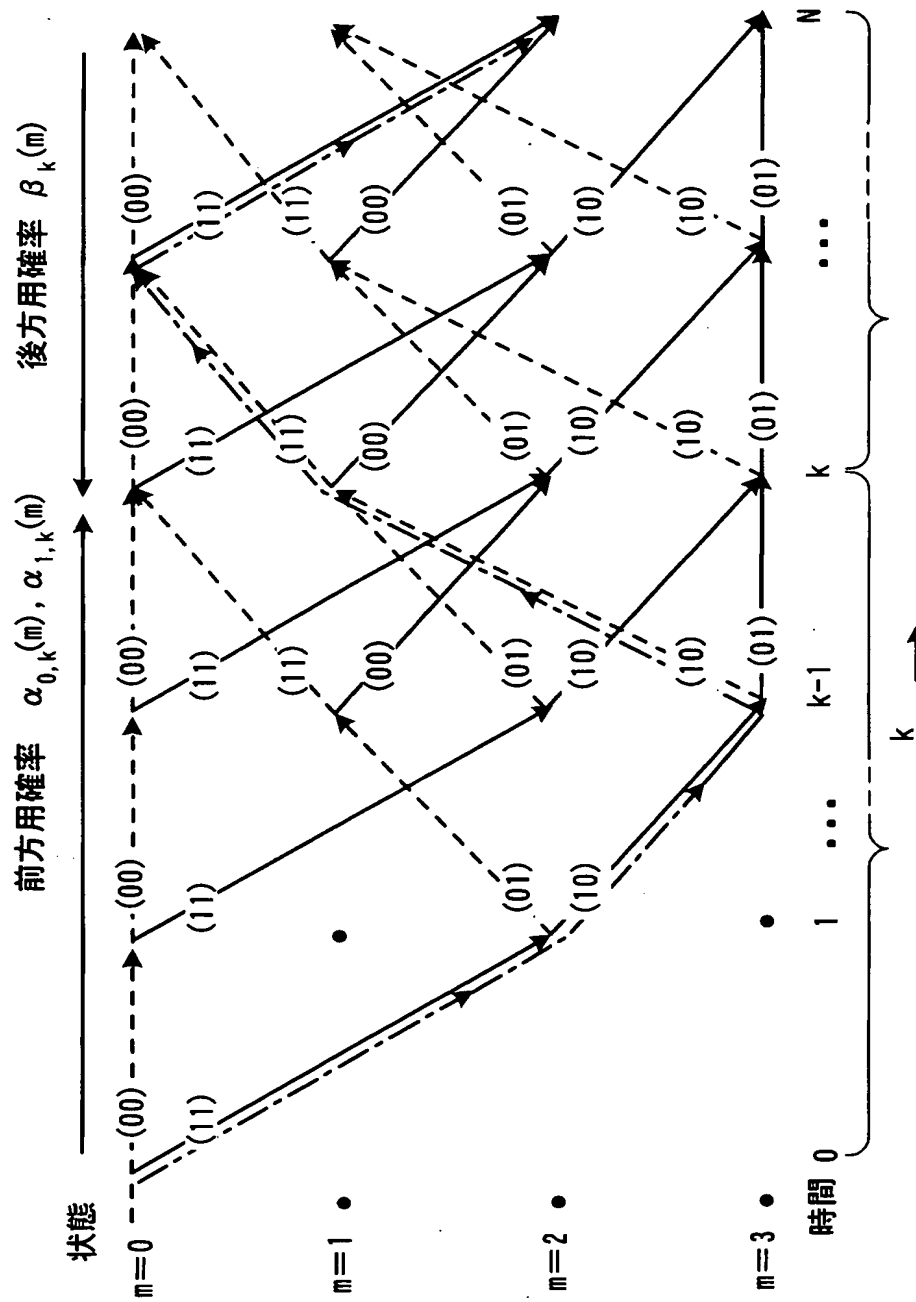
【図 11】

| m ₀ | m ₁ | m ₂ | m ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 0 | 0 1 | 1 0 | 1 1 |

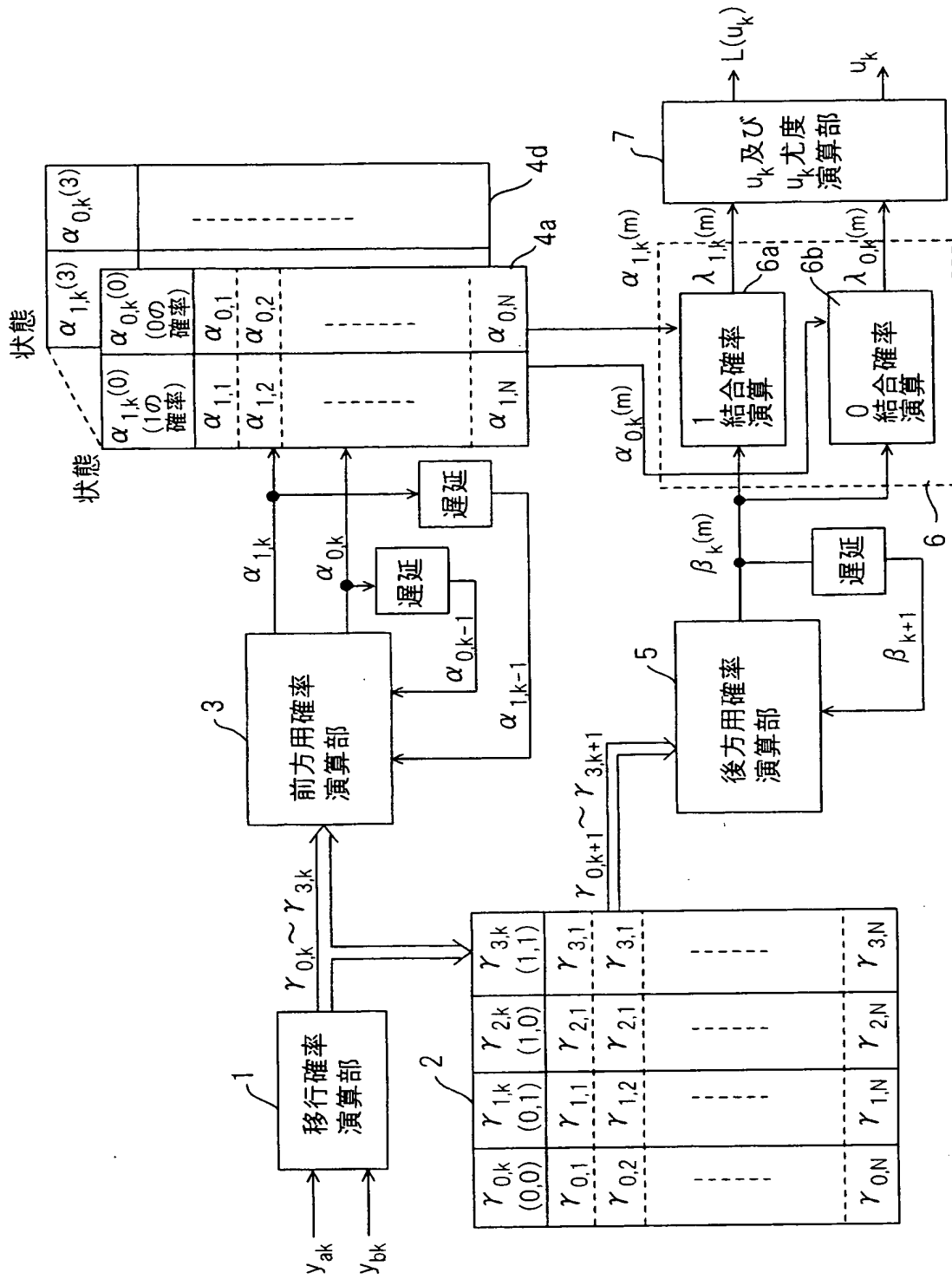
【図 12】



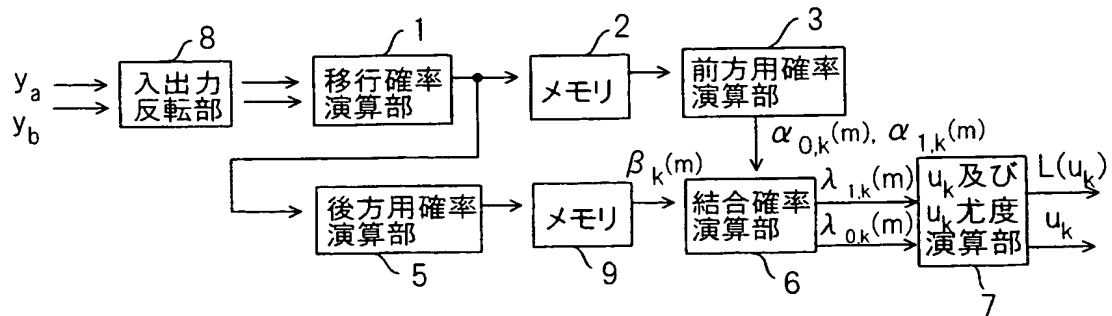
【図 13】



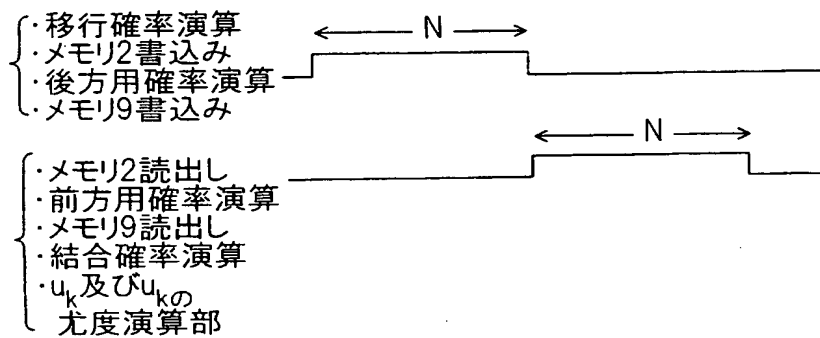
【図 14】



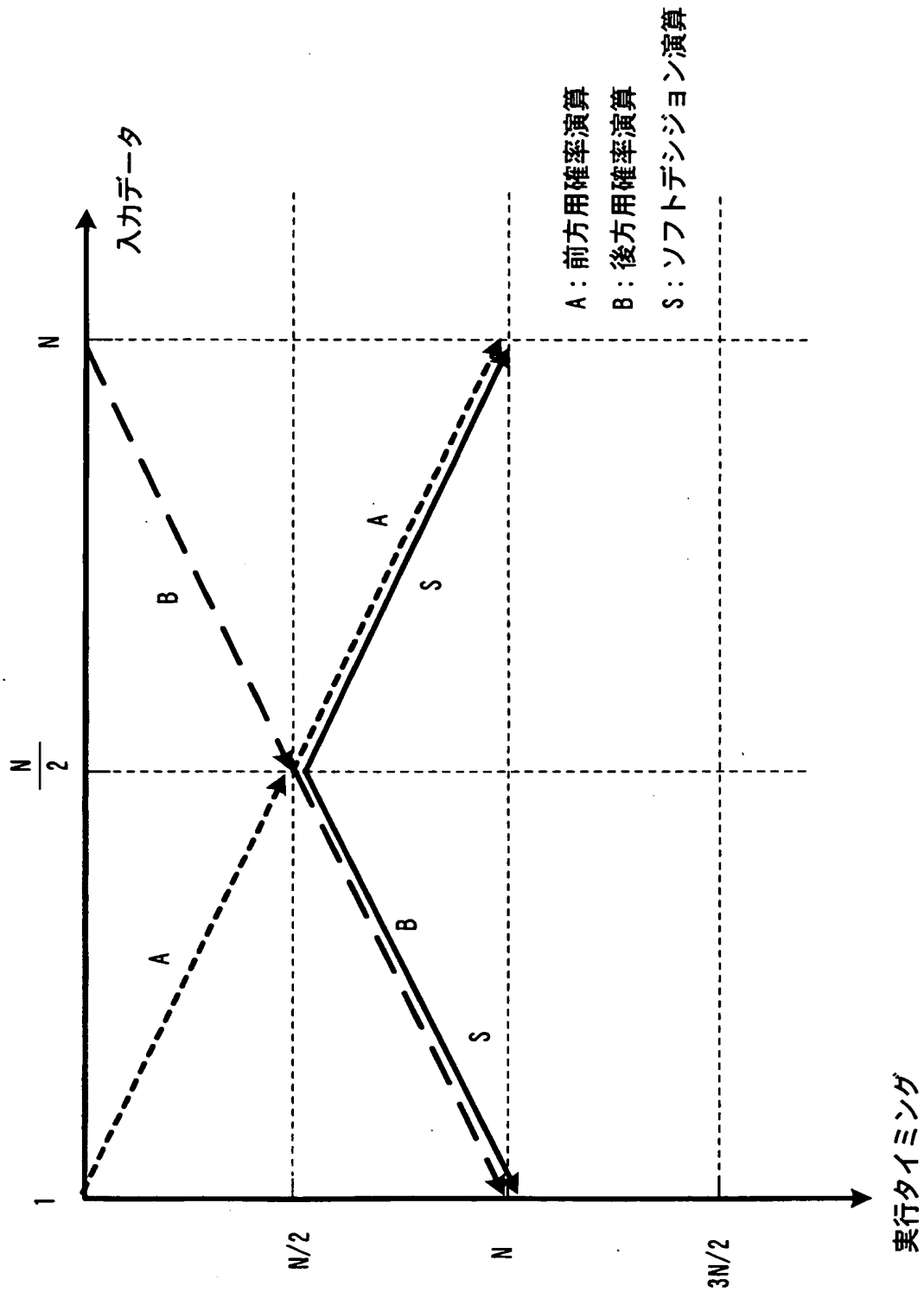
【図 15】



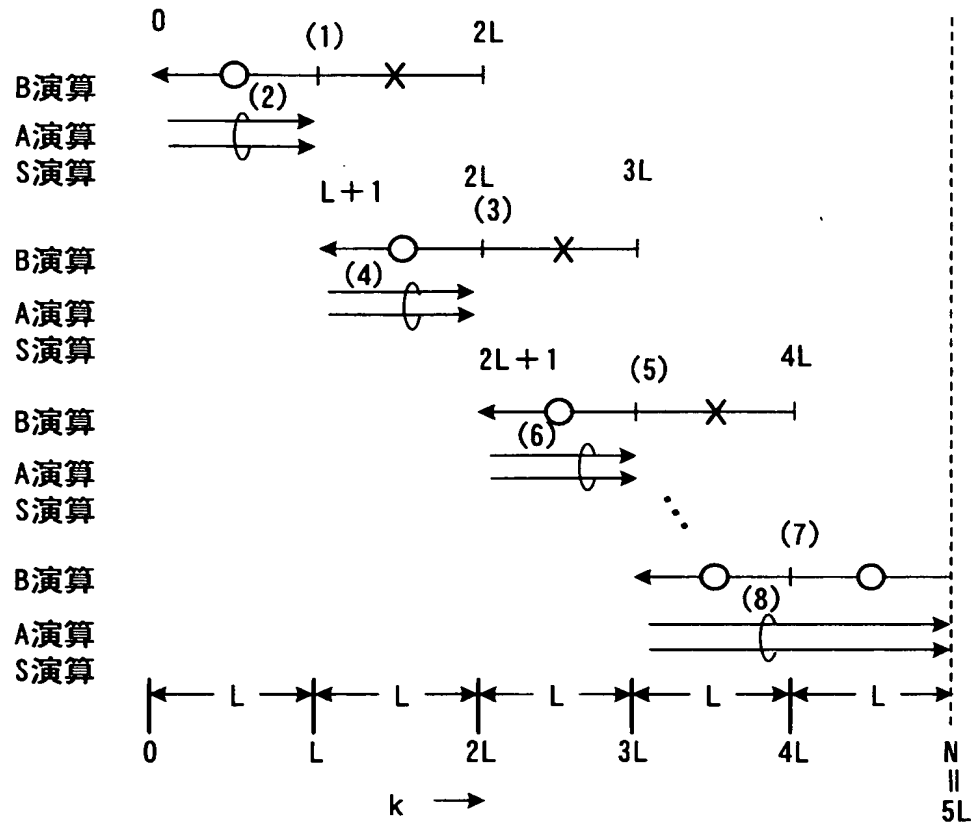
【図 16】



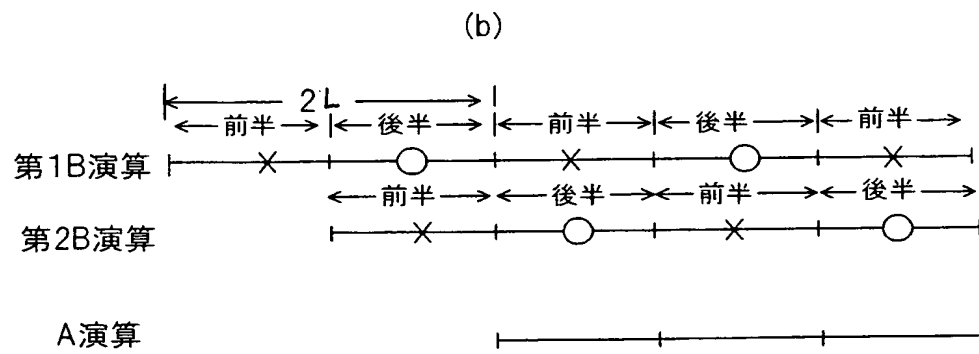
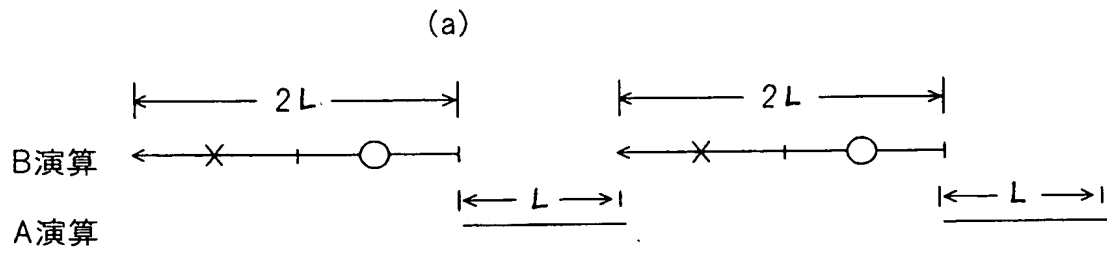
【図 17】



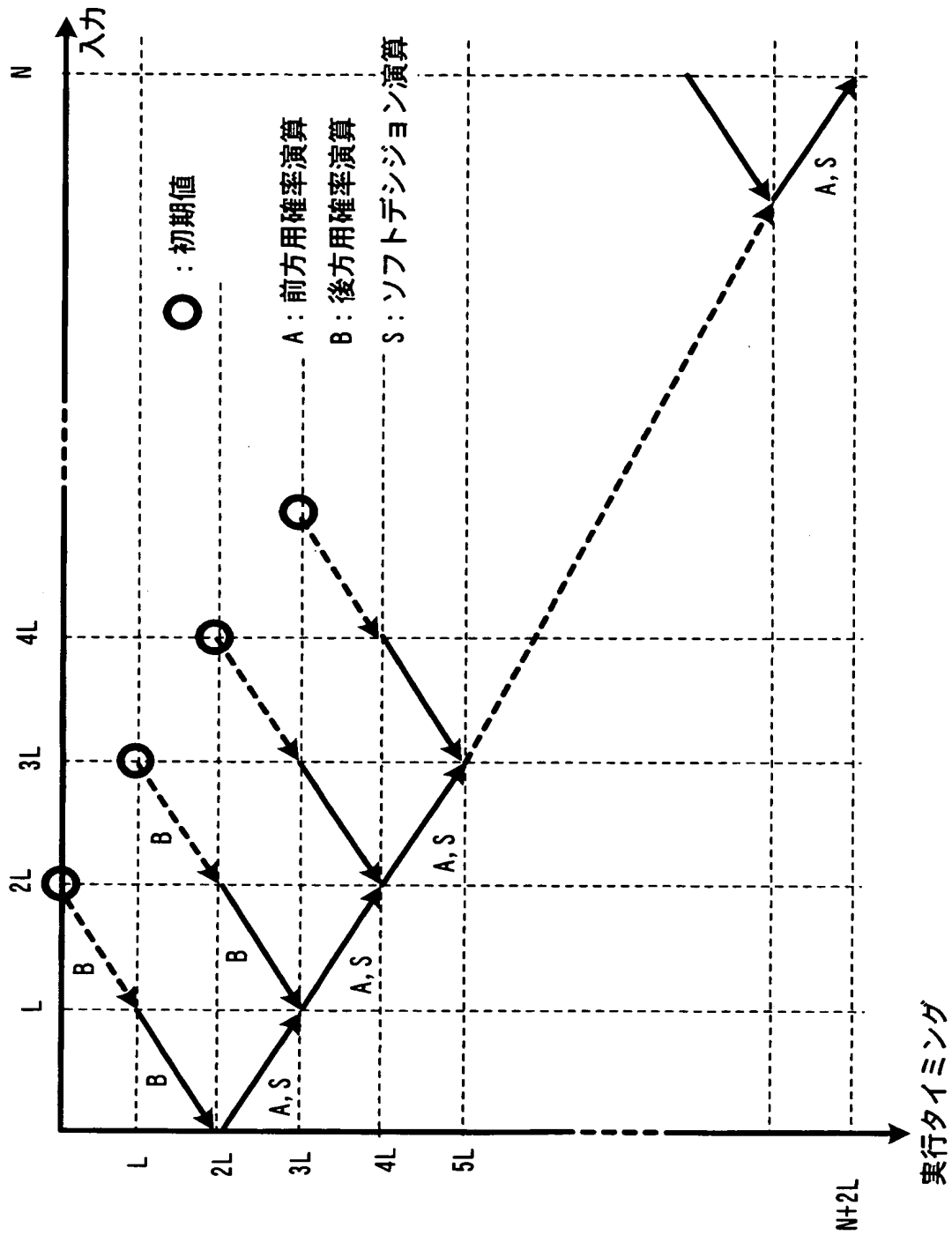
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書**【要約】**

【目的】 使用メモリを削減し、しかも、トレーニング期間を実質的に長くする。

【構成】 スライディングウインドウ方式により復号処理を行なう最大事後確率復号方法である。今回の各ブロックの復号処理において求まる他ブロックの初期位置における後方用確率 β_{2L} , β_{3L} , ... を次回の復号処理における該他ブロックの後方用確率の初期値として記憶部 2 7 に保存し、後方用確率演算部 2 3, 2 4 は次回の復号処理において該保存した初期値より各ブロックの後方用確率の計算を開始する。

【選択図】 図 4

特願 2 0 0 3 - 3 3 9 0 0 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社